

Libros de **Cátedra**

# Sostener - Cerrar - Construir

Introducción a la materialidad arquitectónica

Jorge Raúl García, Federico García  
y Nicolás Saraví Cisneros

FACULTAD DE  
ARQUITECTURA Y URBANISMO

**e**  
exactas

 **edulp**  
Editorial  
de la Universidad  
de La Plata



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA

# **SOSTENER - CERRAR - CONSTRUIR**

## **INTRODUCCIÓN A LA MATERIALIDAD ARQUITECTÓNICA**

Jorge Raúl García  
Federico García  
Nicolás Saraví Cisneros

Facultad de Arquitectura y Urbanismo



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA



# Índice

## PRÓLOGO

Necesidad y razón de la materia	13
Un Eje Pedagógico: “sostener-cerrar-construir”	14
Un Campo Operativo: “LA INTERFASE IDEA-CONSTRUCCION”	15
CUADRO SINÓPTICO DE LA MATERIA	17

## CAPÍTULO I

### Replanteo de la cultura material

#### I-1. LA NATURALEZA DE LOS MATERIALES

Argumento	18
I-1.1. EL MATERIAL	19
La Relación Hombre-Naturaleza	19
Criterios de Valor	20
I-1.2. LA TECNICA	22
Técnica y Tecnología	22
Actitud ante la Técnica	23
I-1.3. LA ARTESANIA	25
A Prueba y Error	25
Tradición e Innovación	25
Mampuestos	27
Maderas	28
I-1.4. LA INDUSTRIA	29
Materia y Creación	29
La Producción en Serie	30
Prefabricación	31
Sustentabilidad	32
El Hierro	33
Hormigón – Hormigón Armado	34

## I-2. LÓGICAS DE LA MATERIALIDAD

Argumento	36
I-2.1. REPLANTEO DE LA CULTURA MATERIAL	38
Cuadro de situación	38
Cambio de Paradigma	39
Tres Lógicas	40
I-2.2. LA LÓGICA SOCIAL	41
El Patrimonio Cultural	41
El Consumo	41
La Moda	42
El Gusto	43
Las Necesidades	44
El Deseo	45
I-2.3. LA LOGICA AMBIENTAL	46
La Relación Hombre-Naturaleza	46
La Evolución Cultural	47
El Ambiente Humano	48
I-2.4. LA LÓGICA PROYECTUAL	49
Problema y Proyecto	49
Intenciones e Ideas	50
Oficio	51

## CAPÍTULO II

### Sostener

#### II-1. LA ESTRUCTURA DE SOSTÉN

Argumento	53
II-1.1. INTRODUCCION	54
Forma y Estructura	54
La Intuición Estructural	55
¿De qué se Trata?	55
II-1.2. FUERZAS	57
Concepto de <i>Fuerza</i>	57



Equilibrio de Fuerzas	58
Suma de Fuerzas	59
Método del Triángulo	59
Método del Paralelogramo	59
Polígono de Fuerzas	60
Componentes de una Fuerza	60
Fuerzas Actuantes en una Estructura	61
Composición de Fuerzas según los Ejes de la Estructura	62
Tensión y Deformación	63
Esfuerzos Axiales, Simples y Compuestos	64
 II-1.3. COMPRESIÓN	 65
Concepto de Compresión	65
Tipos Estructurales a la Compresión	66
Simple Apilamiento	67
Columna	67
Muro	68
Arco	69
Empuje del Arco	71
Bóveda	72
Cúpula	73
 II-1.4. TRACCIÓN	 74
Concepto de Tracción	74
Tipos Estructurales a la Tracción	75
Tensores Rectos	75
Catenaria y Parábola	76
Funicular y Antifunicular de Cargas	77
Recorrido de cargas, montaje de obra	78
 II-1.5. FLEXIÓN	 80
Concepto de Flexión	80
Momento	81
Deformada	82
Tipos de Apoyo	82
Condiciones de Apoyo	82
Modelo de viga: "Gusanito"	83
Tipos Estructurales a la Flexión	84
Cómo interpretar la Deformada	85
Distribución de Tensiones	87
Momento de Inercia y Momento Resistente $W$	89

Corte	89
Isostática	90
II-2. CAJA MURARIA Y GRILLA ESTRUCTURAL	
Argumento	92
II-2.1. “CAJA MURARIA”	
Dos Sistematizaciones	93
CONDICIONAMIENTOS TÉCNICOS	93
Aptitud del material	93
Distribución de la carga	93
Arrostramiento	93
Proceso Constructivo	93
LÓGICA PROYECTUAL	94
Lógica estructural	95
Lógica funcional	95
Lógica espacial	95
Lógica formal	96
II-2.2. DE LA “CAJA” A LA “GRILLA”	
Evolución	96
II-2.3. “GRILLA ESTRUCTURAL”	
CONDICIONAMIENTOS TÉCNICOS	98
Aptitud del material	98
Distribución de la carga	98
Arrostramiento	98
Proceso Constructivo	98
LÓGICA PROYECTUAL	99
Lógica estructural	100
Lógica funcional	101
Lógica espacial	101
Lógica formal	101
II-2.4. COMPARACIÓN CAJA – GRILLA	
Lógica Estructural Caja Muraria - Grilla Estructural	101
Lógica Funcional Caja Muraria - Grilla Estructural	102
Lógica Espacial Caja Muraria - Grilla Estructural	102
Lógica Formal Caja Muraria - Grilla Estructural	102

## CAPÍTULO III

### Cerrar

#### III-1. LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

Argumento	103
III-1.1. LA ENVOLVENTE	104
Función	104
Problemática	105
III-1.2. LA ACCIÓN DEL CALOR	106
Concepto de Calor	106
Dilataciones	106
Cambios de Estado	107
RADIACIÓN	107
Radiación Ultravioleta	107
Radiación Infrarroja	108
Mecánica solar	108
Asoleamiento	109
Luz y color	111
CONDUCCIÓN	113
Propagación	113
Capacidad Aislante	113
CONVECCIÓN	114
Propagación	114
Los Vientos	114
III-1.3. LA INCIDENCIA DEL AGUA	114
Estados	114
Formas de incidencia	115
Estrategias del oficio	116
III-1.4. EL MOVIMIENTO DEL AIRE	117
Dinámica del viento	117
Ventilación natural directa	118
Ventilación cruzada	119
Ventilación natural inducida	120
Barreras vegetales	122

## III-2. CLIMA Y MODOS DE VIDA

Argumento	123
III-2.1. CLIMA	124
Factores Climáticos	124
Datos Climatológicos	125
Confort Higrotérmico	126
Las culturas vernáculas	126
SUSTENTABILIDAD	128
Forma y Contexto	128
Confort y Medio Ambiente	128
III-2.2. CLIMAS Y MODOS DE VIDA	129
CLIMA CÁLIDO Y HÚMEDO	129
Clima	129
Modo de Vida	129
CLIMA TEMPLADO Y HÚMEDO	130
Clima	130
Modo de Vida	130
CLIMA CÁLIDO Y TEMPLADO SECO	131
Clima	131
Modo de Vida	132
CLIMA FRÍO	133
Clima	133
Modo de Vida	133

## CAPÍTULO IV

### Construir

#### IV-1 LOS MATERIALES DE ARQUITECTURA

##### IV-1.1. MAMPUESTOS

Argumento	135
Origen del Mampuesto	136
Permanencia y Trascendencia	136
Muro, Vano y Caja Muraria	137
CONDICIONAMIENTOS ESTRUCTURALES	139
Resistencia	139
Anisotropía	139
Distribución de la Carga	140

Arrostramiento	140
Evolución	141
CONDICIONAMIENTOS AISLANTES	141
La Porosidad	141
La Estructura Capilar	142
La Densidad y Peso específico	142
CONDICIONAMIENTOS CONSTRUCTIVOS	142
Piedras	142
Ladrillos Comunes de Arcilla Cocida	143
Ladrillos Huecos Cerámicos Portantes	143
Ladrillos Cerámicos Huecos no Portantes	144
Bloques de Hormigón	144
Técnicas de Unión	145
Aparejamiento y Montaje	146
Revoques y acabados	147
Proceso Constructivo	148
CONSECUENCIAS ARQUITECTÓNICAS	148
Como Sostén	148
Como Cerramiento	149
IV-1.2. MADERAS	
Argumento	150
Origen	151
Constitución del Tronco	152
Dureza	153
Durabilidad	153
Aptitud Térmica y Acústica	153
Flexibilidad	153
Higroscopicidad	153
Homogeneidad	153
Baja Conductibilidad	154
Densidad	154
Apariencia	154
CONDICIONAMIENTOS ESTRUCTURALES	154
Resistencia	154
Vínculos	155
Diseño	155
Disponibilidad	155
Arrostramientos	156

CONDICIONAMIENTOS AISLANTES	156
Aislación Térmica	156
Aislación Hidrófuga	156
Aislación Sonora	157
Acondicionamiento Acústico	157
CONDICIONAMIENTOS CONSTRUCTIVOS	157
Disponibilidad	157
Proceso Constructivo	158
Técnicas de Unión	158
CONSECUENCIAS ARQUITECTÓNICAS	159
“Lógica de Enramado”	159
Sistematización de la Modulación	160
Espacialidad Intersticial	160
Flexibilidad	161
El Braced Frame	162
El Ballon Frame	163

#### IV-1.3. HIERRO

Argumento	163
La Revolución Industrial	164
El Hierro	165
Aceros	166
CONDICIONAMIENTOS ESTRUCTURALES	168
Resistencia	168
Isotropía	168
Corrosión	168
Acción del Fuego	169
Diseño Estructural	169
CONDICIONAMIENTOS AISLANTES	170
Aislación hidrófuga	170
Aislación térmica	170
CONDICIONAMIENTOS CONSTRUCTIVOS	170
Disponibilidad	170
Durabilidad	171
Rigidez	171
Técnicas de Unión	171
Montaje	173
CONSECUENCIAS ARQUITECTÓNICAS	173
Del “paso a paso” al “salto” de la Gran Luz	173

Una revolución en los Cerramientos	174
IV-1.4. HORMIGÓN – HORMIGON ARMADO	
Argumento	176
HORMIGON SIMPLE	177
Composición	178
Dosificación	178
Resistencia	179
Otras Propiedades	180
HORMIGÓN ARMADO	181
Armaduras de Acero	181
Compresión y tracción en la flexión	182
CONDICIONAMIENTOS ESTRUCTURALES	183
Resistencia	183
Durabilidad	184
Monolitismo	184
Moldeo	184
Prefabricación	185
CONDICIONAMIENTOS AISLANTES	185
Aislación Térmica	185
Aislación Hidrófuga	185
Aislación acústica	185
CONDICIONAMIENTOS CONSTRUCTIVOS	185
Prefabricación	185
Apariencia	186
Inconvenientes	187
CONSECUENCIAS ARQUITECTÓNICAS	187
Como estructuras de “esqueleto y piel”	187
Como Estructuras por Forma	188
IV-2. “EL ARTEFACTO ARQUITECTONICO”	
Argumento	190
IV-2.1. CONSTRUIR IDEAS ARQUITECTÓNICAS	192
IV-2.2. ELEGIR EL MATERIAL (y la Técnica)	193
La Opción Tecnológica	193
¿Qué Puedo Hacer? (la pregunta de la práctica)	193
¿Qué Quiero Hacer? (la pregunta de la estética)	195

¿Qué Debo Hacer? (la pregunta de la ética)	198
IV-2.3. ORDENAR CON LÓGICA (e imaginación)	200
La Impronta Estructural	200
La Relación Estructura-Cerramiento	201
El Sistema Constructivo	202
El Detalle “crítico”	204
Jugar con la Imaginación	205
IV-2.4. DAR FORMA CON OFICIO	206
Medidas, Escala, Proporción	207
Geometría y Aritmética	209
El Recorrido	210
El “Artefacto Arquitectónico”	211
BIBLIOGRAFÍA	213
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	215
LOS AUTORES	233



# PRÓLOGO

## Necesidad y razón de la materia

En los numerosos debates realizados entre 2006 y 2007 para reformular el Plan de Estudios de nuestra Facultad, sobresalía nítidamente una unánime preocupación docente por las dificultades que mostraban muchos alumnos para integrar conocimientos, evidenciando indicios de un pensamiento disociado, fragmentario y parcial. Era notorio que en esas condiciones una pretendida actualización del conocimiento solo podía llegar a ser una acumulación acrítica de información.

A raíz de este diagnóstico se decidió la creación de esta nueva materia, *Introducción a la Materialidad*, con el explícito objetivo de abordar “los conceptos básicos que constituyen el fundamento para la ideación y materialización de la arquitectura desde una óptica tecnológica” (Plan de Estudios VI: 49). De acuerdo a este objetivo, *Introducción a la Materialidad* debía proporcionar al ingresante unas primeras herramientas conceptuales para empezar a develar los puentes que vinculan idea con materialización.

Conscientes de la especie mental a la que pertenece el arquitecto y de los riesgos que para su formación representaba el diagnóstico precitado, presentamos al Concurso respectivo una propuesta pedagógica que intentaba afirmar la unidad ideológica, técnica y estética del pensamiento arquitectónico desde el inicio mismo de la formación, basándola en dos premisas centrales: 1) fomentar la actitud de relacionar conocimientos, como el modo fundamental de operar de los arquitectos, y 2), salvaguardar la unidad de los problemas, como la primera condición de posibilidad de una verdadera síntesis arquitectónica. Consecuentemente, *Introducción a la Materialidad* no debía implicar iniciar al alumno en una acumulación inconexa de recetas y catálogos técnicos sino –por el contrario– brindarle una visión holística y conceptual que, sobre la base de la integración entre el dato técnico y el proceso creativo, le permita vislumbrar la peculiaridad de la síntesis arquitectónica.

En efecto, según nuestro criterio, la materialidad de un objeto arquitectónico nos habla de la consistencia de su realidad material, pero también de la manera en que ha sido ideado. Es, por lo tanto, un fenómeno constructivo y perceptivo; a la par que otorga verosimilitud y coherencia física al artefacto arquitectónico trasunta el orden intrínseco con el que se han dispuesto sus factores materiales. Ese orden intrínseco se halla presente en toda pro-

puesta de valor, pero no es fácil asegurar su inclusión en el proceso de proyecto, y nada nos puede ahorrar el trabajoso esfuerzo de la síntesis. Por ello, el pensamiento material de la arquitectura no puede ser algo externo, añadido a posteriori, sino a la par de la construcción de un orden necesariamente global.

Creemos que lo substancial de ese orden global está contenido en un eje que denominamos **Sostener-Cerrar-Construir** como un modo de enfatizar su vínculo con la acción concreta de proyectar. Las acciones de dicho eje, entrelazadas inextricablemente en el proceso proyectual, caracterizan la actividad fundante del proyecto de arquitectura: conciliar aquellos criterios técnicos que amalgaman de manera más genuina las intenciones con las condiciones de una problemática arquitectónica concreta.

Ubicando a la Arquitectura como un hecho relevante de la Cultura Material, producto de dos mundos en permanente interacción (el mundo de la Naturaleza de los Materiales y el mundo del Hombre y la Arquitectura), el planteo consistió entonces en conducir a los alumnos por ambos mundos a través del triple eje pedagógico *Sostener-Cerrar-Construir*. Según nuestro criterio, el campo operativo donde desplegar este eje no podía ser otro que el de la Interfase Idea-Construcción, campo esencialmente integrador donde estos tres factores están en permanente interacción.

## Un eje pedagógico: sostener-cerrar-construir

La revolución agrícola del neolítico –y la urbana que trajo aparejada– produjo un cambio fundamental en las formas del establecimiento humano. De la utilización temporaria de cavernas naturales para abrigo y protección –en las que tanto materia como forma son producto directo de la naturaleza– los imperativos de la actividad agrícola exigieron al hombre arraigarse a un lugar y enfrentar las condiciones adversas del ambiente natural con acciones de un nivel superior a los de la mera supervivencia. Esa necesidad de arraigo a un lugar y una voluntad de reunión y cooperación inherentes dan fundamento desde entonces tanto a la casa como a la ciudad, impregnando sus obras con tres exigencias fundamentales, particularmente patentes en el hecho arquitectónico:

- Una necesidad de estabilidad y permanencia de sus edificaciones, tanto en el espacio como en el tiempo: SOSTENER
- Una necesidad de protección y control de los fenómenos naturales, antes librado al capricho de la naturaleza: CERRAR
- Una necesidad moral de crear un ambiente, más favorable para la vida individual y social: CONSTRUIR

Fundamentados en ellas, *Sostener*, *Cerrar* y *Construir* se han constituido en momentos fundantes del quehacer arquitectónico que, entrelazados inextricablemente en el proceso de proyecto, trazan los rasgos fundamentales de su Materialidad.

## Un campo operativo: la interfase *idea-construcción*

La frecuente distinción entre unos saberes especializados (Estructuras, Construcciones, Producción, etc.) y el acto creativo (proyectos) es más aparente que real, una convención académica que separa artificialmente aspectos que, en realidad, están imbricados. No obstante, esta separación cala hondo en la mentalidad del alumno llevándolo a una concepción segmentada y falsa del objeto arquitectónico: por un lado la *idea*, como una expresión de deseos abstractamente omnipotente; por el otro, la *construcción* que se resuelve de alguna manera.

Así, muchos alumnos creen que de lo que se trata es de tener primero una idea para luego darle forma y solo después construirla, como tres momentos casi independientes del proceso de proyecto. Enfrentar este problema –capital en la formación temprana– implica instalar decididamente el eje pedagógico sostener-cerrar-construir en el campo de la *Interfase Idea-Construcción*, de manera tal que el alumno pueda reconocer en el seno de un proceso vivo las instancias donde los puentes entre lo técnico y lo significativo se hacen más evidentes. En y por él se explican el protagonismo de la impronta estructural, las razones de la opción tecnológica adoptada, la relación estructura- cerramiento, los criterios de sistematización proyectual y constructiva, etc., que como conceptos transversales cruzan todo el ámbito del proyecto, vinculando idea con materialización. No podemos enseñar creatividad, pero podemos estimularla ayudando a desentrañar algunas claves técnicas que subyacen en la forma.

El problema mayor al que se enfrenta el alumno es cómo unir lo que se le da por separado, cómo traducir sus ideas en hechos y decisiones unívocas. En este su primer contacto con el mundo de la arquitectura debemos evitar el doble peligro de que el alumno vea declinar su creatividad a favor de escolásticas normas de construir, pero a la vez el peligro inverso de caer en una arquitectura de grafito, bellamente dibujada en el mejor de los casos, pero desentendida de su condición material.

Nuestros alumnos se forman para una vida útil de 50 años, pero el mundo está cambiando aceleradamente, quizás como nunca antes. Aunque sea difícil anticipar la dirección de ese cambio, creemos que es lícito hacerse estas preguntas: ¿Qué es lo que cambia en la disciplina?, y ¿qué es lo permanente, lo que no debería cambiar? Una serie de actitudes necesarias y urgentes sugieren las respuestas a la primera pregunta:

- Debemos ir en busca de una racionalidad ampliada, de mayor interdependencia y comunicación con lo natural y lo social.
- El cambio tecnológico permanente será lo característico del mundo moderno, pero vistas las tremendas disyuntivas que presenta lo más importante no será el producto (más ó menos efímero) sino el proceso de cómo pensarlo.
- Hay una necesidad metodológica de plantear el tema como un proceso abierto y no dogmático, y una necesidad pedagógica de fortalecer en el alumno su capacidad de totalizar.

- El cuidado del medio ambiente natural y social y la adaptación de nuevas tecnologías serán probablemente los nuevos paradigmas de la formación profesional.

A la segunda pregunta solo podemos responder que lo que en principio no debería cambiar es lo inmanente de la profesión, el oficio. Somos conscientes que la arquitectura no se acaba en el oficio, pero también de que allí empieza. Esta se fundamenta en una voluntad intrínsecamente afirmativa, tanto en el proyecto como en la materialización, y si debe cargar sobre sus espaldas la crisis y renovación de las formas preexistentes, está obligada a mostrar en lo nuevo el mismo espesor y unidad de lo que reemplaza. Este esfuerzo por hacerse cargo de las nuevas contradicciones es la palanca maestra que hace avanzar la arquitectura.

*Jorge García, Federico García, Nicolás Saraví*

Arquitectos

La Plata, noviembre de 2014

## INTRODUCCION A LA MATERIALIDAD

La materialidad de la arquitectura nos habla de la consistencia de su realidad material, pero también de la manera en que ha sido ordenada; es, por lo tanto, un fenómeno constructivo y perceptivo a la vez.

### UN EJE PEDAGÓGICO: "SOSTENER – CERRAR - CONSTRUIR" DOS UNIVERSOS CONCEPTUALES: NATURALEZA - CULTURA

CAPITULOS	NATURALEZA	CULTURA	EXIGENCIA ANTROPOLÓGICA
<b>I - REPLANTEO DE LA CULTURA MATERIAL</b>	<b>LA NATURALEZA DE LOS MATERIALES</b> EL MATERIAL LA TÉCNICA LA ARTESANÍA LA INDUSTRIA	<b>LOGICAS DE LA MATERIALIDAD</b> REPLANTEO DE LA CULTURA MATERIAL LA LÓGICA SOCIAL LA LÓGICA AMBIENTAL LA LÓGICA PROYECTUAL	
<b>II - SOSTENER</b>	<b>LA ESTRUCTURA DE SOSTÉN</b> FUERZAS COMPRESIÓN - Tipos Estructurales TRACCIÓN - Tipos Estructurales FLEXIÓN - Tipos Estructurales	<b>CAJA MURARIA Y GRILLA ESTRUCTURAL</b> "CAJA MURARIA" DE LA "CAJA" A LA "GRILLA" "GRILLA ESTRUCTURAL" COMPARACIÓN CAJA - GRILLA	<i>Estabilidad y Permanencia</i>
<b>III - CERRAR</b>	<b>LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA</b> 1 - LA ENVOLVENTE 2 - LA ACCIÓN DEL CALOR 3 - LA INCIDENCIA DEL AGUA 4 - EL MOVIMIENTO DEL AIRE	<b>CLIMA Y MODOS DE VIDA</b> 1 - LA NOCIÓN DE CLIMA 2 - CLIMA Y MODOS DE VIDA	<i>Protección y Control De los Fenómenos Naturales</i>
<b>IV - CONSTRUIR</b>	<b>LOS MATERIALES DE ARQUITECTURA</b> 1 - MAMPUESTOS 2 - MADERAS 3 - HIERRO 4 - HORMIGÓN - Hªº	<b>EL ARTEFACTO ARQUITECTÓNICO</b> 1 - ELEGIR EL MATERIAL (y la Técnica) 2 - ORDENARLO CON LÓGICA (e Imaginación) 3 - DARLE FORMA (con Oficio)	<i>Necesidad Moral de Crear un Ambiente</i>

E J E P E D A G O G I C O

# **CAPÍTULO I**

## **Replanteo de la cultura material**

### **I.1. La naturaleza de los materiales**

#### **ARGUMENTO**

##### **EL MATERIAL**

##### **La Relación Hombre-Naturaleza**

Además de relaciones funcionales, establecemos con la naturaleza correlaciones simbólicas:

Así, la naturaleza virgen se transforma en ambiente; la medida en escala y proporción;  
la materia en textura y color; transparencia y vibración.

Los materiales no se definen por su origen sino por sus posibilidades técnicas y expresivas;  
evidenciando dos aspectos –uno objetivo y otro subjetivo– profundamente imbricados.

##### **Criterios de Valor**

Antes solo se consideraba arquitectura a obras hechas con materiales nobles y eternos.

Pero esos criterios de valor van cambiando al compás de los que la sociedad instala  
A principios del S. XX, Adolf Loos postula: “El artista tiene una ambición: dominar de tal modo  
el material que independice su obra del valor del material en bruto”, haciendo de la caracteriza-  
ción del problema y de la intención un nuevo criterio de valor

#### **LA TECNICA**

##### **Técnica y Tecnología**

Técnica: virtud del homo faber basada en su habilidad e inventiva para manipular la materia.

Tecnología: conjunto de acciones y saberes socialmente estructurados a los fines prácticos.

Pero es la sociedad la que asigna prioridades y recursos según su propio sistema de valores,  
muchas veces en abierta contradicción con esa racionalidad y pragmatismo

##### **Actitud ante la Técnica**

Una actitud “orgánica”: aceptar las condiciones que impone la naturaleza del material, afirman-  
do el rol determinante del material y de la técnica en la definición de la forma.

Actitud “modélica”: imponer al material un modelo ideal previamente forjado en la mente: la  
forma artística surge de la lucha entre la intención artística y las resistencias de la materia.

## **LA ARTESANÍA**

### **A prueba y error**

Basándose en su habilidad, inventiva, conocimiento de la materia y tradiciones heredadas, el hombre va modificando la forma en un proceso de prueba y error.

Es un cambio lento, anónimo, inconsciente, sin cambios tajantes ni invenciones de cero, donde se conserva el aura de objeto único como “obra personal”, sensible a variaciones

### **Tradición e innovación**

La tensión entre lo que se conserva y lo que cambia es consustancial a la arquitectura: pero no confundir innovación con novedades para realimentar el consumo

A diferencia de lo novedoso, lo innovado se instala socialmente como aporte

“la tradición se presenta como una flecha hacia delante, y de manera alguna hacia el pasado”.

## **LA INDUSTRIA**

### **Materia y creación**

La relación íntima del arquitecto con la materia ha desaparecido y ya no podrá ser recuperada; se pasa al modo en que se ensamblan unos elementos previamente definidos por la Industria.

Es ahora la industria la que provee los materiales, fijando medidas y modos de fabricación

La industria requiere trabajar con principios generales y abstractos (tipos y no modelos).

### **La producción en serie**

Los saberes artesanales van siendo reemplazados por el creciente conocimiento científico. El crecimiento demográfico exige una nueva forma de fabricar objetos: la Producción en Serie. Así, pasa a primer plano el proyecto como construcción intelectual previa a su materialización.

Economía, precisión, rigor y universalidad son ahora los nuevos paradigmas tecnológicos

### **Sustentabilidad**

A esta altura del tiempo una cultura material fundada en la industria es condición irrenunciable, pero el sentido de la arquitectura trasciende en mucho al de sus medios.

Si hay un arte verdaderamente contextual, este es sin duda la arquitectura; su finalidad, la razón de sus valores, será la que establezca los límites de lo apropiado

## **I.1.1. - El material**

### **La relación Hombre-Naturaleza**

La arquitectura, y no la mera construcción, es lo propio del hombre. Al mismo tiempo que entabla relaciones funcionales con la naturaleza (el color de la piel o los ojos, etc.), establece con ella correlaciones simbólicas, representaciones imaginarias del espacio en que vive. Así, la Naturaleza virgen se transforma en Ambiente, la Medida en escala y proporción, la Materia en textura y color, transparencia y vibración.

Además de relaciones funcionales, establecemos con la naturaleza correlaciones simbólicas: Así, la Naturaleza virgen se transforma en Ambiente; la Medida en escala y proporción.



1 – Pueblo flotante golfo de Tonkin, China

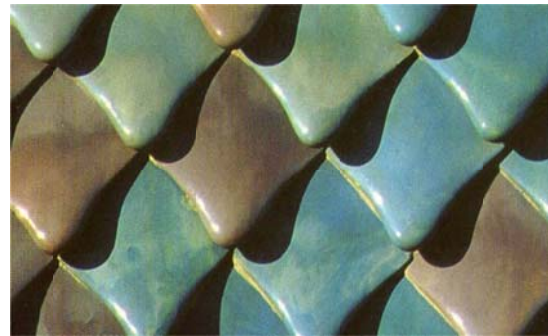


2 – Expo en Ramblas de Barcelona

La Materia en textura y color, transparencia y vibración los materiales no se definen por su origen sino por su posibilidades técnicas y expresivas



3 – Ampelopsis, planta trepadora



4 – Revestimiento mayólicas de A. Gaudi

Así, los materiales de la arquitectura se definen no tanto por su carácter natural, en bruto, sino por sus posibilidades de manipulación técnica y expresiva, evidenciando dos aspectos – uno objetivo y otro subjetivo– profundamente imbricados. Entonces, solo por su origen y por una suerte de vínculo atávico y familiar podemos referirnos a ellos como *naturales*, pues en todo lo demás participan plenamente de la evolución histórica, llegando a conformar valiosas tradiciones constructivas y una cultura arquitectónica específica.

## Criterios de valor

La Arquitectura es expresión y testimonio de una concepción del mundo, de una época; los cambios que llevan de la arquitectura de adobe a la de la piedra, de la piedra al hierro, del hierro al hormigón, etc., reflejan las transformaciones del conjunto de fuerzas productivas, sistemas de relación social y valores plasmado en esas arquitecturas; el campo de trabajo del arquitecto se ubica en medio de esas presiones, proyectando esas líneas de fuerza históricas en sus obras. Pero esos criterios de valor van cambiando al compás de los que la sociedad instala.



Durante mucho tiempo solo se consideró arquitectura a obras hechas con materiales nobles y “eternos”, exclusivos y/o costosos. Otras arquitecturas, hechas con materiales abundantes, comunes y baratos, fueron relegadas por mucho tiempo a la esfera de lo popular.

En el pasado solo se consideraron arquitectura obras con materiales nobles y eternos. Pero esos criterios de valor van cambiando al compás de los que la sociedad instala



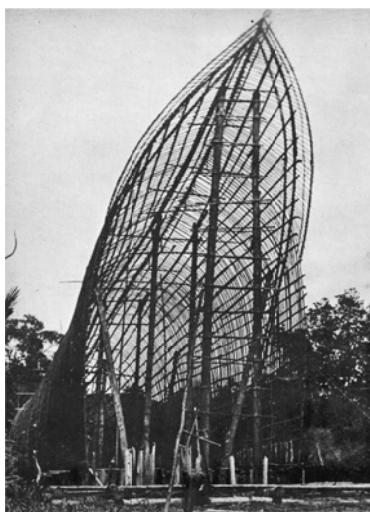
5 - Acceso a Hotel La Habana vieja - Cuba



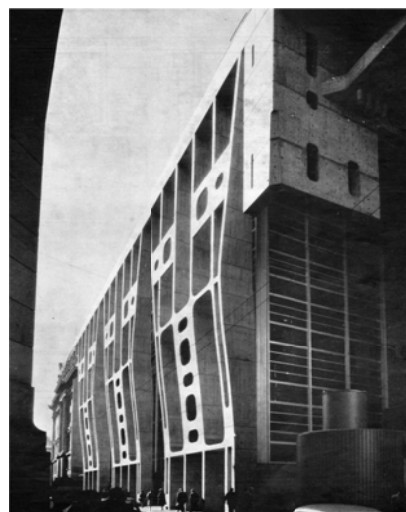
6 - Paseo Caminito, La Boca, Buenos Aires

Pero a principios del siglo XX, Adolf Loos postula: “El artista tiene una ambición: dominar de tal modo el material que independice su obra del valor del material en bruto”, <sup>(1)</sup> trasladando el concepto de valor a la noción de energía intelectual puesta en su concepción, independientemente del costo del material utilizado. Desde entonces, y aunque la tendencia a endilgar caracteres “nobiliarios” a determinados materiales no haya desaparecido, debe confrontar con la arquitectura que hace de la calidad de la intención y del acierto en la caracterización del problema un nuevo y progresivo criterio de valor: “una obra de arte no tiene porqué gustar a nadie; una obra de arquitectura, en cambio, es responsable ante todos” (Loos, A.).

Pero a principios del siglo XX, Adolf Loos postula: “El artista tiene una ambición: dominar de tal modo el material que independice su obra del valor del material en bruto”.



7 – Club Hombres en Nueva Guinea



8 – Banco de Londres – Buenos Aires

## I.1.2. – La Técnica

### Técnica y Tecnología

Para los griegos, la palabra *techné* significaba “conocer a través del hacer”; según Le Corbusier, la técnica es la base del lirismo: “la técnica es cosa de la razón, también del talento. Pero la conciencia depende del carácter. Ciencia y conciencia no son otra cosa que cultura”. <sup>(2)</sup> Producto del contacto del hombre con su ambiente, la Técnica es una virtud constitutiva del *homo faber* basada en su habilidad manual e inventiva para desarrollar procedimientos de manipulación de la Materia. Asimismo, llamamos Tecnología al conjunto de acciones y saberes socialmente estructurados para obtener determinados objetivos prácticos, teniendo como normas habituales la racionalidad, la economía y el pragmatismo.

Técnica: virtud del *homo faber* basada en su habilidad e inventiva para manipular la Materia-  
Tecnología: conjunto de acciones y saberes socialmente estructurados a los fines prácticos



9 – Artesanos de la Isla de los Uros, Perú



10 – Muelle en Isla de los Uros, Perú

Pero es la sociedad en su conjunto la que asigna prioridades y recursos según su propio sistema de valores, muchas veces en abierta contradicción con aquel pragmatismo. Al respecto nos señala Mies Van de Rohe: <sup>(3)</sup>“La tecnología está arraigada en el pasado, domina el presente y tiende hacia el futuro [...]. Solo es comparable al descubrimiento clásico del hombre como persona, a la voluntad de poder Romana, y al movimiento religioso de la Edad Media”. Desde el comienzo, entonces, vemos que el hombre no ha tenido ante la naturaleza una actitud pasiva sino propositiva, de interacción creadora: al propio tiempo que abandona su primaria condición de sujeto aislado para integrarse como sujeto social, en contacto con el ambiente forja una técnica; a la integración de Sociedad, Ambiente y Técnica convendremos en llamar, primero Artesanía y, después, Industria.

Pero es la sociedad la que asigna prioridades y recursos según su propio sistema de valores, muchas veces en abierta contradicción con esa racionalidad y pragmatismo.



11 – Detalle Estar casa Batlló . Barcelona



12 – Fachada Casa Ostrofsky II – La Plata

## Actitud ante la Técnica

Inicialmente, el hombre no mostró ante la naturaleza una actitud hostil sino amigable, de respeto hacia los procesos y funciones naturales. Pero a poco de andar fue desarrollando gradualmente un impulso de dominación y sometimiento de lo natural mediante la mecanización, la rutina, el ejercicio repetitivo y sistemático, que se convirtieron en características constantes del trabajo técnico. Como observa Claude Levy-Strauss, <sup>(4)</sup> “desde el advenimiento de la Revolución Industrial, el trabajo pasó a ser una operación en un sentido único, donde el hombre –solo él, siendo activo– modela una materia inerte y le impone soberanamente las formas que le convienen”.

En líneas generales podríamos diferenciar dos grandes actitudes ante la técnica: una actitud *orgánica*, que lleva a aceptar las condiciones que impone la naturaleza del material (“seguir la veta de jade” de la cultura china), y una actitud *modélica* (un modelo ideal forjado previamente en la mente) llevada a la práctica venciendo las resistencias del material. Traducida al debate artístico, esta dicotomía se ha planteado entre los que defienden el papel determinante del material y de la técnica en la definición de la forma (G. Semper) y los que sostienen que la forma artística surge de la lucha entre la intención artística y las resistencias que ofrece la materia (A. Riegl).



Una actitud *orgánica*: aceptar las condiciones que impone la naturaleza del material:  
Afirma el rol determinante del material y de la técnica en la definición de la forma



13 – Pilastras antropomorfas- Dogon



14 – Toguna con pilastras - Dogón

Actitud *modélica*: imponer al material un modelo ideal previamente forjado en la mente.  
La forma artística surge de la lucha entre la intención artística y las resistencias de la materia



15 – Columna y Dintel - Paestum



16 - Templo de Hera - Paestum

La actitud ante la técnica ha generado intensos debates ideológicos en la conformación de la cultura material: desde el respeto casi místico de la artesanía de los Arts and Crafts de principios de siglo XX, pasando por el impulso al diseño industrial aportado por la Bauhaus, las utopías del Constructivismo ruso, de los metabolistas japoneses ó del *Archigram* inglés, hasta los recientes movimientos de búsqueda de una tecnología apropiada que detenga el deterioro creciente del medio ambiente.

### I.1.3. - La Artesanía

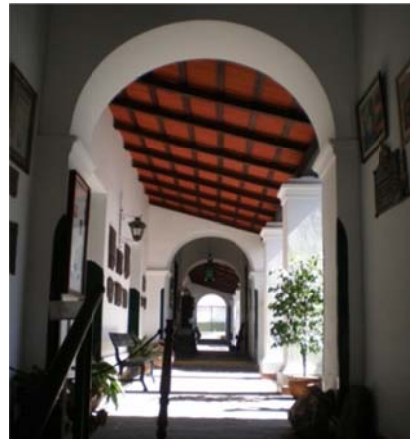
#### A prueba y error

Las primeras formas fueron creadas como una inmediata reacción ante necesidades imperiosas. Pero a partir de allí, el hombre –a la vez promotor, usuario y constructor– va modificando la forma en un proceso de prueba y error, basándose en su habilidad manual e inventiva, su conocimiento empírico de la materia y en las tradiciones de trabajo heredadas. Es una evolución lenta, anónima, inconsciente, donde no hay cambios tajantes ni invenciones desde cero, ni donde se requiere una especial fuerza creadora; su constante es la repetición de modelos tradicionales.

Cambio de la forma lenta, anónima, inconsciente, sin cambios tajantes ni invenciones de cero. Cada producto conserva el aura de objeto único como obra personal, sensible a variaciones



17 – Reservación Sinkal en Catamarca



18 – Galería casa en Salta

No obstante, cada producto conserva el aura de objeto único gracias a su ejecución como obra personal, sensible a las variaciones que introduce el ejecutor. Tal como lo explica Christopher Alexander:<sup>(5)</sup>

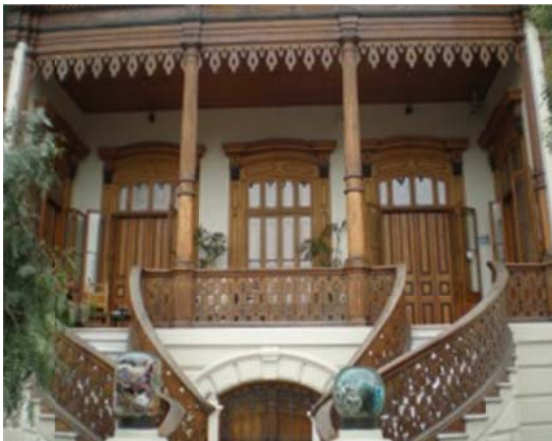
Este es un proceso típico de las sociedades vernáculas dominadas por poderosas tradiciones, mitos y leyendas asociadas con los hábitos de la construcción, donde los cambios son sólo adecuaciones sectoriales al cambio del contexto, sin modificar la concepción general. No cambia la idea salvo cuando se detecta un desajuste, y cuando esto ocurre, defecto y corrección van a la par.

#### Tradición e innovación

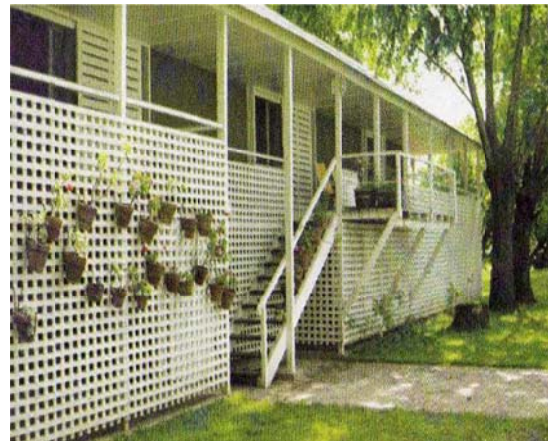
Esto es así desde una visión histórica en líneas generales. Pero si comparamos la lentitud evolutiva de la arquitectura tradicional con la velocidad de cambio de la arquitectura moderna podemos concluir apresuradamente que en la primera no hay innovación. Lo que se verifica

en realidad es un modo distinto de ejercer la innovación; en realidad, la proyectación siempre supone innovación. La tensión entre lo que se conserva y lo que cambia, entre tradición e innovación, es consustancial a la práctica de la arquitectura, en función de la inevitable modificación del contexto a través del tiempo. Así, de cambios imperceptibles, anónimos, que producen solo variaciones en la continuidad tradicional, se pasa a cambios notorios, abruptos, copernicanos y a una generalizada actitud contemporánea de empezar siempre de cero, proceso típico de la Modernidad.

La tensión entre lo que se conserva y lo que cambia es consustancial a la arquitectura. Pero no confundir innovación con novedades para realimentar el círculo del consumo



19 – Veranda de acceso casa en Lima, Perú



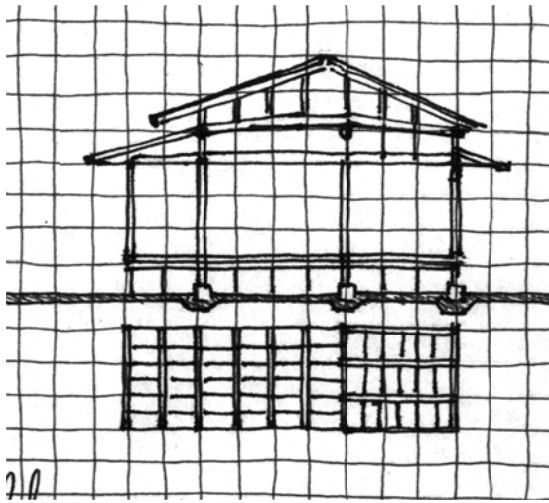
20 – Casa arq. Solsona en el Delta – Tigre

Le Corbusier ha caracterizado agudamente a la tradición como “la cadena ininterrumpida de todas las innovaciones, y por ello, el testigo más seguro de la proyección hacia el porvenir. La Tradición se representa como una flecha dirigida hacia delante y de manera alguna hacia el pasado” <sup>(6)</sup>. Pero no debemos confundir innovación con novedad, una táctica del mercado para imponer sus productos que van a realimentar el circuito del consumo mediante la creación de pseudo-necesidades. A diferencia de lo novedoso, lo innovado se instala socialmente como aporte y como tal, se engancha en la cadena de la tradición.

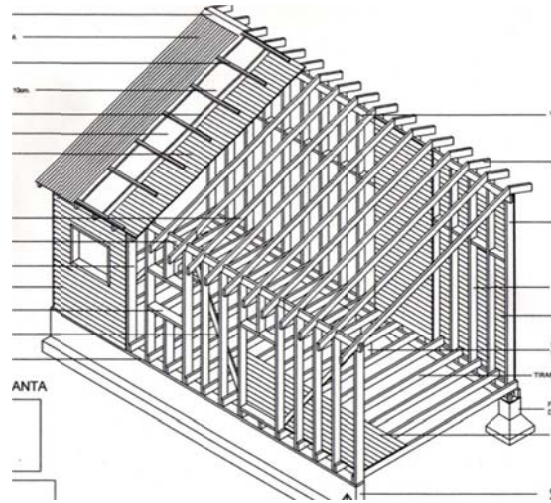
Bastan como ejemplos el sistema modular que desde hace unos 600 años permite sistematizar el diseño de la vivienda popular japonesa (en base al *Tatami*, una estera tejida de juncos de 1,91 m. por 0,95 m.), o la técnica del *Balloon Frame* americano (creado para la conquista y colonización del oeste y luego adoptado hasta hoy) que aprovecha la sierra mecánica y la producción industrial de clavos para la producción de vivienda a gran escala. O también anticipaciones teóricas, como la famosa estructura DOMINO de Le Corbusier, que a principios del siglo XX conecta la novel tecnología del hormigón armado con la problemática de la vivienda y el urbanismo contemporáneos.



A diferencia de lo novedoso, lo innovado se instala socialmente como aporte.  
 “La Tradición es una flecha dirigida hacia delante y de manera alguna hacia el pasado”.



21 – Corte de casa japonesa tradicional



22 - BalloonFrame Americano

## Mampuestos

Ligados al origen mismo de la arquitectura, los *Mampuestos* (elementos cuyo nombre alude a la mano y a su forma de colocación) nos remiten al momento en que el hombre abandona la caverna natural y decide fijarse en un lugar con mayor autonomía.

Mampuestos: el hombre abandona la caverna natural y se fija en un lugar; no podemos hablar en rigor de un solo material, sino de un conjunto de materiales.



23 - Vivienda-cueva – Matera, Italia



24 - Construcción Incaica - Cuzco, Perú

Los mampuestos van a conformar un elemento estructural muy simple (solo apto para ser comprimido), el muro de carga, que mediante la técnica del apilamiento manual cumple el doble rol de *sostener* y *cerrar* conformando recintos, cuyo conjunto constituirá la llamada caja muraria.

El Mampuesto conforma un elemento estructural muy simple, el muro de carga, que cumple el doble rol de *sostener* y *cerrar* conformando recintos: la caja muraria.



25 – Muro en Ruinas Incaicas – Perú



26 – Construcción anónima en Catamarca

Por estas condicionantes constructivas, en la arquitectura muraria tiende a predominar el lleno sobre el vacío, el volumen sobre la profundidad y una marcada separación entre el interior y el exterior. Por ello, hablar del muro es hablar simultáneamente del vano como su complemento necesario. El muro separa, pero no siempre para negar ó limitar sino también para cualificar las relaciones entre los espacios interiores y/o exteriores, encuadrando y orientando la circulación, la expansión ó la mirada.

## Maderas

A su vez, como material natural disponible en abundancia, la madera siempre ha estado ligada a la arquitectura aportando el indispensable material de flexión para pisos y cubiertas, gracias a las aptitudes de tracción de su tejido fibroso. Como material orgánico que es, las vicisitudes de su nacimiento y desarrollo, las zonas geográficas donde prospera, las características morfológicas de sus raíces, ramaje y follaje, así como las condiciones de extracción, transporte, estacionamiento, estiba, aserrado, etc. definen sus características principales.

Componentes lineales y repetitivos, montaje en seco, sistematización de medidas: la lógica de entramado de la madera responde a diferentes jerarquías portantes.



28 – Palacio imperial en Hue, Vietnam



29 – Balcón en Miraflores, Lima, Perú



La forma de su utilización se deriva básicamente de tres factores interrelacionados: el grado de especialización de la mano de obra, las herramientas y maquinaria necesarias para su trabajo, y la complejidad de sus técnicas de unión. Lo lineal y repetitivo de sus componentes, su montaje en seco, la necesaria sistematización de sus medidas y una lógica de entramado exigida por diferentes jerarquías portantes le otorgan dentro de las formas constructivas una particular liviandad y espacialidad.

## I.1.4. - La Industria

### Materia y creación

Miguel Ángel elegía personalmente en la cantera los mármoles para sus edificios, e incluso definía los cortes en los bloques de piedra. En las obras de Antonio Gaudí todavía se percibe como un lento crecimiento orgánico, producto inseparable del artesano y el artista. Pero esa relación íntima del arquitecto con la materia ha desaparecido y ya no podrá ser recuperada. La Revolución Industrial distanció el contacto antes estrecho entre *materia* y *creación*, trasladando las posibilidades de expresión arquitectónicas al modo en que se ensamblan unos elementos constructivos previamente definidos por la Industria.

La relación íntima del arquitecto con la materia ha desaparecido y ya no podrá ser recuperada-se pasa al modo en que se ensamblan unos elementos previamente definidos por la Industria



30 – Detalle casa Batlló de A. Gaudí



31 - Sede de Endesa – Barcelona

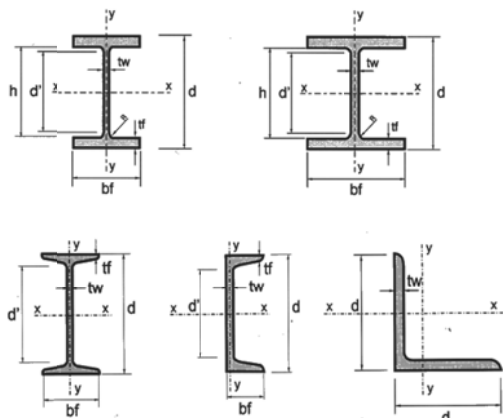
## La producción en serie

El abandono del proceso artesanal y su reemplazo por el industrial es impuesto por la presión de los cambios sociales que formulan un incremento cualitativo de la demanda, implicando un no rotundo a la prueba y error anterior. El crecimiento demográfico, el transporte, el consumo, etc., exige una nueva forma de fabricar objetos: la *producción en serie*.

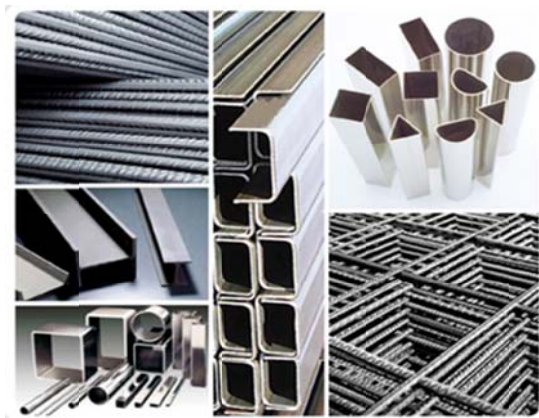
Es ahora la industria la que provee los materiales que la obra requiere, fijando sus medidas y modalidades de fabricación, sus medios de transporte, sistemas de comercialización e innovaciones de acuerdo al desarrollo histórico alcanzado, racionalizando incesantemente los procesos productivos con sus propias lógicas de producción (determinadas por la rentabilidad y condicionadas por la constancia de la demanda).

Para satisfacer esa demanda masiva y anónima, las decisiones productivas se toman en distintos niveles de calificación y responsabilidad; la industria requiere trabajar con principios generales y abstractos (tipos y no modelos), rompiendo la anterior unidad promotor-constructor-usuario. Afirmaba Gropius que “la diferencia entre industria y artesanía está en la subdivisión del trabajo en la primera y en la participación de un trabajador único en la segunda”. <sup>(7)</sup>

Es ahora la industria la que provee los materiales, fijando medidas y modos de fabricación. El crecimiento demográfico exige una nueva forma de fabricar objetos: la *producción en serie*



32 – Perfilera Normal de Hierro



33 – Productos industriales de hierro

A su vez, el trabajador ya no se basa en sus habilidades y destrezas sino en su contracción a la ejecución repetitiva de simples operaciones mecánicas, a su ajuste a simples movimientos cronometrados. En un segundo momento, con el advenimiento de la Informática y Robotización, el operario vuelve a transformarse pasando del hombre mecanizado del film *Tiempos modernos*, típico de la primera revolución industrial, al capacitado controlador informático de máquinas informatizadas que ejecutan por si solas el producto.

Lógicamente, los saberes acumulados por la experiencia y el oficio artesanales van siendo reemplazados por el creciente conocimiento científico, la investigación tecnológica y la especialización, imponiendo su racionalidad inherente a través de métodos de cálculo y procesos de

fabricación cada vez más exactos y eficaces, pasando a primer plano el *proyecto* como anticipación, como exacta construcción intelectual previa a su construcción real; economía, precisión, rigor y universalidad serán entonces sus nuevos paradigmas tecnológicos.

Así, pasa a primer plano el proyecto como construcción intelectual previa a su materialización; economía, precisión, rigor y universalidad son ahora los nuevos paradigmas tecnológicos



**34** – Pabellón de Barcelona, Mies Van de Rohe : exterior



**35** – Interior Pabellón



**36** – Interior Pabellón

## Prefabricación

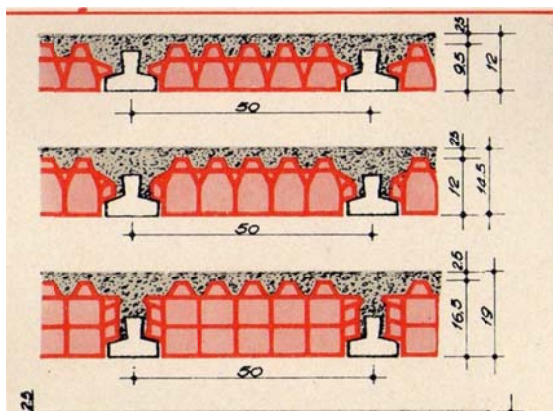
Estas líneas de desarrollo conducen rápidamente a la *prefabricación*. Ante la necesidad de procesos de fabricación de carácter industrial para todos los componentes, se procede a la reducción de casos particulares a casos-tipo (tipificación), y a la coordinación de medidas (normalización) con el objeto de no perturbar la concatenación de las fases sucesivas de fabricación, montaje y terminación. Asimismo, los nuevos materiales, los modernos procedimientos de unión y de montaje, las nuevas herramientas, las facilidades de transporte y comercio, etc., conducen cada vez más hacia la conveniencia de repetir elementos idénticos, más aptos para la producción en serie y para una demanda sostenida en el tiempo. Así, a la prefabricación se le ha endilgado una cierta monotonía, pero el avance impresionante de la informática y la robó-



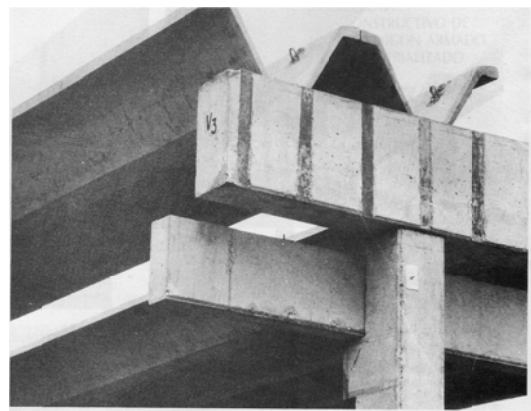
tica abre una nueva perspectiva para responder con mayor versatilidad a las demandas de identidad e individuación contemporáneas.

Por último, es necesario distinguir entre construcciones con elementos prefabricados y con *sistemas prefabricados*. En los primeros, el elemento dominante es el proyecto de arquitectura, que previamente ha definido con toda precisión no solo aquellas piezas industrializadas a usar y su modo de aplicación en el proceso productivo, sino la definición formal final del objeto. En el segundo, en cambio, el elemento dominante es el sistema constructivo prefabricado, consecuencia directa de un proceso productivo seriado, masivo y repetitivo, que inevitablemente deja su impronta en la imagen final.

Tipificación y normalización para las fases de fabricación, montaje y terminación.  
Distinguir entre construcciones con elementos prefabricados y sistemas prefabricados.



37 – Catálogo de losas prefabricadas



38 – Detalle de Sistema prefabricado H°A°

## Sustentabilidad

Las modernas tecnologías siguen los paradigmas dominantes del actual momento histórico: creciente precisión en la determinación del comportamiento del material; reemplazo de lo artesanal-vernáculo por la universalidad del producto industrial; diversidad, complejidad y especialización de los componentes constructivos, etc., tendencias insoslayables pero que pueden esconder costos ocultos. Una concepción equilibrada de la cultura en relación a los recursos del planeta deberá basarse en una interpretación respetuosa de los ritmos de la naturaleza, utilizando los recursos de manera sostenible en el espacio y en el tiempo. Lo cual no implica hostilidad hacia el desarrollo tecnológico ni la quimera de retroceder a un pasado primitivo, pues a esta altura de los tiempos una cultura material fundada en la industria es condición irrenunciable.

Si hay un arte verdaderamente contextual éste es sin duda la arquitectura; la diversidad esencial de la naturaleza y de las culturas que habitan el planeta, que es de diferencias tanto como de semejanzas, propone además del vector de la técnica, otras líneas de fuerza, otras alternativas para la transformación. La racionalidad en el uso de las tecnologías es irrenunciable, pero el sentido de la arquitectura trasciende en mucho al de sus medios. Su finalidad, la razón de sus valores, será la que establezca los límites de lo apropiado.

Si hay un arte verdaderamente contextual éste es sin duda la arquitectura. Su finalidad, la razón de sus valores, será la que establezca los límites de lo apropiado.



39 - Camerún – bambú y fibra vegetal



40 - Acceso a hospital – Barcelona

## El hierro

Siendo uno de los materiales más abundantes en la corteza terrestre, y conocido desde la prehistoria, el *hierro* se ha utilizado muy poco en la antigüedad porque su producción era difícil y escasa, siendo necesario para ello cierto desarrollo industrial. A ese inconveniente se le sumó su rápido deterioro por corrosión, siendo sustituido por el bronce, más durable. Pero eran conocidas sus excepcionales propiedades de tracción, siendo usado como elemento auxiliar en algunas iglesias medievales. Las precondiciones para su producción dependían, en primer lugar, del conocimiento de su estructura molecular. Solo gracias al impulso de la Revolución Industrial y al desarrollo de la ciencia y tecnología fue posible crear los instrumentos científicos y materiales para comprender su composición y encarar su producción.

La Revolución Industrial revalorizó enormemente al hierro, inicialmente para las máquinas, para después generalizarlo al mundo de la construcción. El alto costo de su producción –que requiere del desarrollo de la metalurgia– exigía una producción de escala y uso masivo, y con ello, la modificación de tradiciones de trabajo y uso arraigadas, de concepciones del proyecto y de cálculo, y el desarrollo de nuevos elementos constructivos.

El hierro, material-símbolo de la Revolución Industrial, tuvo en los ingenieros, profesionales del cálculo y de espíritu práctico, los artífices principales de su incorporación al mundo de la arquitectura. Estamos ante un material genuinamente moderno, que viabiliza un cambio fundamental: las grandes aglomeraciones sociales, las interacciones de personas, vehículos, máquinas, mercancías, propias de la era industrial, encuentran en el hierro una solución para las nuevas necesidades de la civilización maquinista.

Sin las restricciones de los mampuestos de trabajar solo a la compresión, las estructuras de hierro se liberan de la necesidad de apoyos masivos y conforman espacios más amplios y aéreos, libres y flexibles. Merced a su excepcional capacidad de soportar esfuerzos de flexión, se

pasa del paso a paso de la caja muraria al salto de la gran luz. En conjunción con su socio predilecto, el vidrio, produce una revolución en los cerramientos, ampliando enormemente las posibilidades de iluminación, accesos, expansiones al exterior, etc. Las estructuras de hierro inician el proceso de descomposición de la caja muraria y de independencia efectiva entre sosten y cerramiento. Como la madera, su sintaxis constructiva todavía responde predominantemente a la lógica del entramado, pero la audacia inédita de sus realizaciones estructurales le confiere otra dimensión cualitativa.

Estamos ante un material genuinamente moderno, que viabiliza un cambio fundamental: las estructuras evolucionan del paso a paso de la caja muraria al salto de la gran luz.



41 – Claustro convento jesuita. Arequipa, Perú



42 – Torre Eiffel, París

## Hormigón – hormigón armado

El uso del hormigón no es nuevo. Fue utilizado por los romanos a fin de incrementar la masa de apoyos de sus grandiosas construcciones con arcos, bóvedas y cúpulas. Pero la utilización del hormigón a gran escala no se generaliza sino hasta fines del siglo XIX, cuando es producido industrialmente en Inglaterra un aglomerante hidráulico artificial llamado *cemento Portland*, el elemento central de su constitución.

El *hormigón* es una piedra creada artificialmente, resultado del endurecimiento en moldes a partir de una mezcla de áridos gruesos, finos, cemento y agua de amasado en la cantidad suficiente para que la reacción química del cemento se produzca. Para su resistencia a la compresión, es fundamental la densidad y compacidad lograda a través de la complementación granulométrica de sus componentes. La posibilidad adicional de variar a voluntad su dosificación permite diseñar una gran variedad de hormigones de acuerdo a necesidades específicas.



El *hormigón* fue utilizado por los romanos a fin de incrementar la resistencia de sus apoyos. Luego es asociado con armaduras de acero para mejorar su resistencia a la tracción.



**43** – Apoyos en anfiteatro de Taormina



**44** – Idem anterior – Taormina - Sicilia

Inmediatamente después de haberse logrado la producción industrial del cemento, el hormigón comenzó a ser asociado con armaduras de acero en el interior de su masa para mejorar su resistencia a la tracción, y por ende, a la flexión, dando origen al *hormigón armado*. La feliz coincidencia que los coeficientes de dilatación de ambos materiales son similares permite que actúen juntos. Así, el hormigón absorbe los esfuerzos de compresión y el acero los de tracción, y juntos dan respuesta al problema estructural por excelencia: la flexión.

Se destacan como nuevas ventajas una serie de características propias del hormigón armado: el monolitismo de sus uniones dando continuidad a la transmisión de esfuerzos, con la consiguiente colaboración de los distintos componentes de la estructura en la absorción del esfuerzo; la economía que supone utilizar masivamente un material económico para los esfuerzos de compresión y un material caro pero exacto para los esfuerzos de tracción; la utilización de una mano de obra no especialmente calificada; las posibilidades de prefabricación de los elementos constitutivos de la estructura (columnas, vigas, losas, etc.) con la economía de tiempo y mano de obra que conlleva, etc.

La complementación entre el hormigón como “masa muscular de compresión” y del acero como “tendones de tracción” establece analogías evidentes con la naturaleza: gracias al monolitismo de las uniones, transforma las estructuras pasivas en activas; la grilla estructural universal —estructura de esqueleto y piel independizando la estructura del cerramiento— permite la expansión ilimitada de la planta hacia arriba, hacia abajo, hacia los lados, otorgándole flexibilidad, cambio y crecimiento; las estructuras celulares o fibrosas, siguiendo el flujo de las tensiones internas según la ley del trabajo mínimo, abren posibilidades nuevas para el diseño estructural inaugurando una nueva poética del espacio.

La complementación entre el hormigón y el acero establece analogías con la naturaleza. El hormigón armado abre posibilidades nuevas inaugurando una nueva poética del espacio.



45 – El cuerpo humano.



46 – Banco Ciudad de Buenos Aires. Interior

## I.2. Lógicas de la materialidad

### ARGUMENTO

#### REPLANTEO DE LA CULTURA MATERIAL

##### Cuadro de situación

La materialidad de la arquitectura forma parte sustancial de lo que denominamos *Cultura Material*. Pero hoy está en entredicho, ante una crisis global que nos obliga a revisar ideas y conductas.

El hombre es un agente decisivo con una responsabilidad que no admite excusas:

¿Tiene la sustentabilidad del modo de vida actual algún sentido,  
o deberíamos pensar en cómo regenerar lo destruido?

##### Cambio de paradigma

En la llamada *globalización* se están encendiendo luces de alarma.

Hay que volver a pensar el para qué de la profesión y la técnica como una cultura.

La preocupación debería ser hoy la de poner en circulación una mentalidad más ecológica, donde *degradación del ambiente* y *fractura social* son dos caras de una misma moneda.

### LA LÓGICA SOCIAL

#### El patrimonio cultural

Con la cultura la sociedad conforma significados, valores comunes y una identidad colectiva.

Así, a través de las cosas, se da un sentido y un orden al ambiente en que vivimos.

#### El consumo

Es clave para construir diferenciación social mediante distinciones simbólicas.

Las clases se distinguen simbólicamente unas de otras por lo que consumen



### **La moda**

Impone la diferenciación social por dos vías: divulgación y distinción.

Esta dialéctica, que hace posible el uso elitista de los objetos, es lo que organiza el consumo

### **El gusto**

Los hábitos en la infancia programan lo que individuos y clases van a sentir como necesario.

Así, la sociedad organiza la conciencia de lo que cada uno puede apropiarse y tener derecho (y de lo que no).

### **Las necesidades**

No hay necesidades naturales, ni siquiera en el caso de las básicas que parecen universales, pues son satisfechas con tantos recursos culturales que hablar de una *necesidad universal* no nos dice casi nada.

### **El deseo**

El deseo es un impulso libidinal que no apunta a un objeto material preciso; la función responde a la necesidad, pero la emoción se ordena desde el *deseo*.

## **LA LOGICA AMBIENTAL**

### **La relación Hombre-Naturaleza**

Mientras el Hombre dependió de la Naturaleza respetó sus procesos y no afectó su equilibrio.

Pero después fue modificando el ambiente natural hasta sentirse superior, exterior a ella.

### **La evolución cultural**

Las posibilidades psico-mentales de evolución de la materia viva aún no se han agotado.

Así, el hombre resulta ser hoy en día el único organismo capaz de mayor avance evolutivo

### **El ambiente humano**

El hombre es decisivo en la evolución con una responsabilidad que no admite excusas. Solo él posee la capacidad de provocar perturbaciones irreversibles en el equilibrio ecológico.

## **LA LÓGICA PROYECTUAL**

### **Problema y proyecto**

Todo *proyecto* plantea un *problema* entre las necesidades de la vida y la realidad; para el arquitecto la caracterización del problema es el momento fundante de la idea;

El problema es de origen social, pero tiene destino arquitectónico;

Las intenciones son de origen subjetivo (las pone el arquitecto), pero tienen destino social.

### **Intenciones e ideas**

La idea no es un concepto, sino la visualización de una lógica para la relación entre las partes. Una sensibilidad psico-social, técnica y plástica, un orden de pensamiento y maestría en la síntesis.

## I.2.1. Replanteo de la Cultura Material

### Cuadro de situación

El campo de la materialidad de la arquitectura, campo de límites amplios y difusos donde caben desde las sutilezas del fenómeno perceptivo hasta el más crudo pragmatismo de las decisiones productivas, forma parte sustancial de lo que denominamos *Cultura Material*. Pero es precisamente esta la que hoy se halla en entredicho, ante el doble embate de una crisis global sin precedentes (climática, energética, social, alimentaria, poblacional, etc.) y una revolución tecnológica insoslayable, que nos obliga a revisar algunos paradigmas que han gobernado hasta hoy las ideas y conductas.

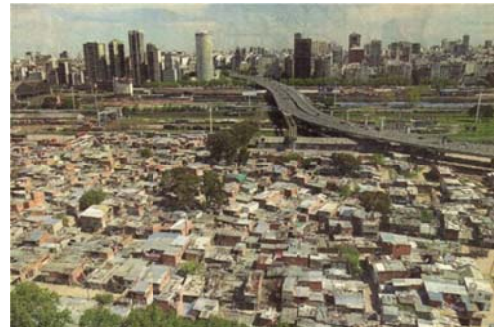
La materialidad de la arquitectura forma parte sustancial de la *Cultura Material*. Pero hoy se halla en entredicho, ante una crisis global que nos obliga a revisar ideas y conductas



1 – Jarro cultura Ciénaga



2 - Sillón BKF



3 - Ciudad de Buenos Aires - Retiro

El desarrollo aparentemente ilimitado de los medios técnicos pareció prometer un cambio central respecto a la cultura material: el paso de un quehacer humano acotado por la necesidad y la escasez a uno liberado, orientado hacia la satisfacción y la abundancia; técnicamente, hoy es posible hacer cualquier cosa. Pero la manera en que la sociedad capitalista ha organizado la vida en el planeta evidencia un modo de utilización de los recursos humanos y naturales que nos obliga a cuestionar su sentido; el hombre ha pasado a ser el agente decisivo en la evolución de la vida natural y social con una responsabilidad que no admite excusas, por lo que aún aduciendo el tradicional argumento de la neutralidad de la técnica es imposible negarse a la evidencia de que el sistema funciona como un todo, en el que los medios no pueden ser separados de los fines ni del empleo que se hace de ellos.

Impulsada por los cada vez más vertiginosos adelantos científico-técnicos, la población mundial se duplicó en trescientos años (1500-1800) y se volvió a sextuplicar en doscientos (1800-2000), llegando a los actuales 6.000 millones de habitantes. Pero si consideramos que más de la mitad está excluida de los bienes y servicios más elementales mientras que sólo un 20% (el llamado *Primer Mundo*) consume más del 80% de todo lo producido, el problema se nos presenta en toda su dimensión: pensar en extender las pautas de consumo del mundo desarrollado a todos los habitantes del planeta llevaría probablemente al colapso del ecosiste-

ma. Así, vislumbramos el dilemacrucial al que se enfrenta nuestra época: la exclusión cada vez más creciente y despiadada de una población condenada o un giro copernicano –filosófico cultural antes que técnico– de la orientación del crecimiento y desarrollo.

El hombre es un agente decisivo con una responsabilidad que no admite excusas:  
¿Tiene la sustentabilidad del modo de vida actual algún sentido o deberíamos pensar en regenerar lo destruido?



4 – Inundación de La Plata del 2 de abril de 2013.



5 – Contaminación. Mortandad de peces.

En la llamada *globalización* se están encendiendo luces de alarma; el agotamiento de los recursos energéticos, las crisis alimentaria, poblacional y social, el temor a un posible colapso ambiental, ponen en duda a futuro la propia sustentabilidad del modelo actual. Confrontada con el agotamiento de los suelos, la desaparición de las especies, la contaminación ambiental, el colapso de los ecosistemas: ¿tiene la sustentabilidad del modo de vida actual algún sentido o deberíamos pensar más bien en cómo regenerar lo que se ha destruido?

## Cambio de Paradigma

Sentimos la inminencia de un cambio de paradigma; hay que volver a pensar el *para qué* de la profesión, el perfil del arquitecto necesario y la técnica como una cultura. Recuperar la unidad ideológica, técnica y estética del pensamiento arquitectónico y consecuentemente, hacernos cargo de las exigencias de solvencia y responsabilidad constructiva, de respeto por los factores medioambientales y productivos, los modos de vida y valores culturales de los destinatarios de nuestro trabajo.

*Degradación del ambiente y fractura social son dos caras de una misma moneda. Hay que volver a pensar el para qué de la profesión y la técnica como una cultura.*



6 – La villa miseria y la gran ciudad.

Tal como en los inicios del siglo XX, la idea de reforma social movilizó el espíritu del Movimiento Moderno, un elemental sentido común indica que la principal preocupación debería ser hoy la de poner en circulación una mentalidad más ecológica, pero sin olvidar que ambas –la ecológica y la social– son dos caras de una misma moneda. Cuando asistimos a la crítica de degradación del medio ambiente y a una fractura social que amenaza ser tan definitiva como nunca antes, la sospecha de que el sentido de lo humano está indisolublemente anclado al destino de ambos mundos replantea de raíz las lógicas con las que operamos sobre la cultura material.

### Tres lógicas

Sobre el campo de acción de la materialidad de la arquitectura convergen al menos tres lógicas que hacen necesaria una somera referencia a conceptos básicos. Hay, por ejemplo, una *lógica social* que gobierna la demanda de los objetos materiales desde fenómenos tales como el consumo, la moda, el gusto y la compleja relación entre la necesidad y el deseo; hay también una *lógica ambiental* propia del soporte físico donde el objeto se va a insertar, y por último, hay una *lógica proyectual* operando sobre la propia concepción mental de diseño del objeto. Para una aproximación a la primera, hemos recurrido al libro *Ideología, Cultura y Poder* del antropólogo Néstor García Canclini; para la segunda, a los libros *Nuevos odres para el vino nuevo* del biólogo Julián Huxley y *Ambiente humano e ideología* del arquitecto Tomás Maldonado, y para la tercera, hemos consignado algunos puntos de vista propios que nos parecen significativos.

## I.2.2. La Lógica social

### El patrimonio cultural

La Cultura Material es el proceso de producción material y simbólico (subjetivo y objetivo a la vez) mediante el cual la sociedad define y conforma significados, valores comunes y una identidad colectiva. Los diversos campos culturales (artístico, científico, jurídico, etc.) acumulan a través de su historia un conjunto de conocimientos, habilidades, teorías, creencias, etc., que conforman el capital simbólico común de una sociedad: su *patrimonio cultural*.

Por la cultura, la sociedad conforma significados, valores comunes y una identidad colectiva. Así, a través de las cosas, se da un sentido y un orden al ambiente en que vivimos



7 – Londres : barrio típico



8 – Humahuaca – calle y montañas

Así, a través de las cosas, se da un sentido y un orden al ambiente en que vivimos. Pero la sociedad está dividida en clases que, a través de sus preferencias estéticas, luchan entre sí por la apropiación de ese capital simbólico; legitimando, manteniendo y renovando su dominio mediante el prestigio cultural conquistado.

### El consumo

El *consumo* es el lugar donde las clases luchan por la apropiación de esos bienes, exigiendo participar en forma creciente en la educación y apropiación de la cultura. Por lo tanto, el consumo es un lugar clave para construir la diferenciación social mediante distinciones simbólicas, reproduciendo así la ideología dominante.



El *consumo* es clave para construir la diferenciación social mediante distinciones simbólicas. Las clases se distinguen simbólicamente unas de otras por lo que consumen.



9 – Londres: barrio chino y Rolls Royce



10 – Barrio gótico. Barcelona

Como observa García Canclini (1995): <sup>(1)</sup>

La necesidad de expansión constante del capital obliga a alcanzar cada vez un número mayor de consumidores...Para esto, hay que extender el mercado de la moda a nuevos sectores sociales, hay que lograr, en un cierto sentido, “democratizar la moda” [...] (Pero) ante la relativa democratización que supone la masificación del consumo, [...] la diferenciación debe trasladarse a la forma en que se consumen esos bienes, a la forma en que nos apropiamos de ellos y los utilizamos [...]. En este espacio del consumo se construyen las diferenciaciones sociales. Las clases se distinguen simbólicamente unas de otras por lo que consumen.

## La moda

Pero si los miembros de la sociedad no comparten un código común de significados atribuidos a los bienes de consumo no podría hacerse tal diferenciación. Para que el consumo pueda ser un instrumento de diferenciación social debe ser antes que nada un sistema de comunicación ampliamente comprensible por todas las clases sociales, y para eso está la *moda*; sin ella, los objetos no serían valiosos y deseables. En ese sentido, consumir es intercambiar significados culturales y sociales, donde la moda representa una de las armas principales en la lucha por la diferenciación cultural. Agrega Canclini (1995): “esta dialéctica entre divulgación y distinción, que hace posible recuperar el uso elitista de los mismos objetos a través de pequeños signos, es lo que organiza el consumo de la sociedad y por lo tanto, la diferenciación entre las clases”.

Las modas imponen la diferenciación social por dos vías: divulgación y distinción. Esta dialéctica, que hace posible el uso elitista de los objetos, es lo que organiza el consumo.



11 – Marcas populares.



12 – Haute Couture.

Para ello, al mismo tiempo que la masificación del producto hay que crear “pequeños signos de distinción” que compensen la pérdida de prestigio producida por la masificación. Es notable el hecho que la enorme mayoría de estos cambios no se producen por adaptaciones funcionales o uso, sino por alteraciones de carácter simbólico (estilos de vida, de pertenencia a grupos, etc.), para mantener la diferencia. Lo cual nos lleva a analizar la formación del gusto.

## El Gusto

Apoyándose en la teoría del hábitus del Sociólogo Pierre Bourdieu, García Canclini (1995) puntualiza:<sup>(2)</sup>

El gusto no es el resultado de las libres elecciones de cada uno [...]. Cada uno está programado para elegir esto ó lo otro según su ubicación de clase. Esas determinaciones sociales se insertan, más que en la conciencia, [...] en sistemas de hábitos constituidos en su mayoría desde la infancia, [...] estructuras estructuradas, predispuestas a funcionar como estructuras estructurantes.

De este modo, los hábitos programan aquello que individuos y clases van a sentir como “necesario”. A través del gusto así formado la sociedad organiza la relación subjetiva de los individuos con los bienes, y con ello, las aspiraciones y la conciencia de aquello de lo que cada uno puede apropiarse y tener derecho. (y de lo que no).

Los hábitos de la infancia programan lo que individuos y clases van a sentir como “necesario”; así, la sociedad organiza la conciencia de lo que cada uno puede apropiarse y tener derecho (y de lo que no).



13 – Josefina y su baño diario.



14 – Un *picado* en el barrio.

## Las necesidades

Por ello, no alcanza con analizar las necesidades humanas desde el punto de vista de un hipotético “hombre esencial” ligado al uso por sus funciones biológicas y psicológicas.

Al respecto, dice García Canclini (1995):<sup>(3)</sup>

Las necesidades no son atributos de una naturaleza humana inmutable. No hay necesidades naturales, no siquiera en el caso de las necesidades básicas que parecerían universales; comer, beber, dormir, [...] porque las satisfacemos de tantas maneras diferentes, con tantos recursos culturales [...] que hablar de una necesidad universal implica no decir casi nada [...]. En rigor, la “necesidad” surge tanto por la interiorización de los condicionantes naturales del hombre como por la elaboración de sus deseos [...].

No hay necesidades naturales, ni en el caso de las básicas, que parecerían universales; son satisfechas con tantos recursos culturales que hablar de una “necesidad universal” no nos dice casi nada.



15 – Puri. Paravento con hamaca – Brasil



16 – Descanso en Port Vell, Barcelona



## El deseo

Pero los hombres no solo tienen necesidades. También poseen deseos que, desde un sentido antropológico y psicológico, son distintos a las necesidades y que, debido a la importancia de las cosas para configurar la identidad de los grupos sociales, generan cierta dependencia psicológica y afectiva. La función debe responder a la necesidad, pero la emoción se ordena desde el *deseo*.

El *deseo* es un impulso libidinal que no apunta a un objeto material preciso; la función responde a la necesidad, pero la emoción se ordena desde el deseo.



17 – Sardanas en Barcelona



18 – Estatua viviente – Barcelona

El deseo se diferencia de la necesidad por no tener objeto, por ser un impulso libidinal que no apunta a un objeto material preciso. El deseo, dice Baudrillard, es errático, insaciable, inabarcable por las instituciones [...]. No podemos entender lo que sucede en el consumo si no incluimos en una teoría sociológica del consumo este aspecto del deseo, presente como elemento desencadenante, motivador, organizador y desorganizador del consumo. <sup>(4)</sup>

En suma, gustos, necesidades y deseos convergen para configurar diversas estrategias de consumo de acuerdo al sesgo ideológico de la época. Por ejemplo, y a propósito del reemplazo del estado de bienestar por las doctrinas neoliberales en la década de 1980, comenta André Groz (1998) <sup>(5)</sup>:

La competitividad de las empresas no debía depender más de economías de escala [...]. De cuantitativo y material, el crecimiento debía volverse “cualitativo e inmaterial”. Los productos debían imponerse por su “imagen”, su novedad, su valor simbólico. Las empresas debían ser capaces de improvisaciones continuas, debían saber suscitar, anticipar y explotar a fondo los entusiasmos efímeros, las modas imprevisibles y versátiles [...]. Para las empresas, no se trataba simplemente de “responder” de manera instantánea a la demanda cada vez más versátil de clientes; se trataba de acentuarla, anticiparla, crear la versatilidad, la

inconsistencia, el carácter efímero de las modas y los deseos, oponerse a todo sentido de normalización y a toda normalidad.

### I.2.3. La lógica ambiental

#### La relación Hombre-Naturaleza

Mientras el Hombre dependió de la Naturaleza se integró a ella, respetó sus procesos y no afectó su equilibrio. Pero valiéndose de su capacidad para crear conocimiento, en algún momento comenzó a modificar el ambiente natural hasta sentirse exterior y superior.

Mientras el Hombre dependió de la Naturaleza respetó sus procesos y no afectó su equilibrio. Pero después fue modificando el ambiente natural hasta sentirse superior, exterior a ella.



19 – Anfiteatro inca en Muray, Cuzco



20 – ADN

Sin embargo, hoy ese mismo conocimiento pareciera estar minando tal convicción; actualmente, la naturaleza se nos presenta como un proceso de cambio y mutación permanente de la materia-energía, revelando la realidad de los procesos de fluencia, tanto en los niveles macro como en los niveles molecular y sub-atómico, como observa el biólogo Julián Huxley (1959) en el siguiente párrafo <sup>(6)</sup>:

Todos sabemos la desilusión sobrevenida en el breve espacio de medio centenar de años; de cómo los ordenados mecanismos de la física del siglo XIX dejaron paso a conceptos extraños, y a veces contrarios a la razón; cómo la Relatividad ha destruido la fe en lo absoluto; cómo la creencia en la razón y la bondad del hombre ha sido socavada por la psicología; cómo nuestras nociones idealistas de progreso fueron desbaratadas por los acontecimientos.

## La evolución cultural

Tomando a la naturaleza como un todo (con el hombre incluido en ella), la Ecología nos dice que la Naturaleza es un solo proceso en evolución permanente, un gigantesco sistema único y continuo regido por leyes que organizan el conjunto de los seres y sus relaciones en tres fases: la inorgánica ó cosmológica, que es muy lenta; la orgánica ó biológica, que es lenta; y la humana ópsico-social, que es más rápida <sup>(7)</sup>:

Parecería que en algún momento del Plioceno (entre 5 y 10 millones de años) se agotaron las posibilidades de mayor perfeccionamiento de la materia capaz de reproducirse y la fase puramente biológica en el planeta habría llegado a su límite...pero las posibilidades de perfeccionamiento en las capacidades psicológicas ó mentales de la materia viva no se han agotado. El método de transmisión y transformación de la tradición, alcanzado por los homínidos antecesores nuestros, proporcionó un mecanismo adicional a la herencia a través del concepto y el símbolo, que significó la transmisión acumulativa de la experiencia adquirida y permitió un tipo de evolución mucho más rápido, y más efectivo, al que podríamos llamar "Evolución Cultural". (Huxley, 1959)

Las posibilidades psico-mentales de evolución de la materia viva aun no se han agotado. Así, el hombre resulta ser hoy en día el único organismo capaz de mayor avance evolutivo.



21 – Pintura rupestre en Altamira, España



22 – Hombre en la luna.

El rasgo distintivo del hombre es ser un animal cultural; lo que evoluciona son las formas del lenguaje y la legislación, del ritual y de la creencia, del arte y la habilidad manual, de las ideas y tecnologías, cosas todas que hay que aprehender y que dependen de símbolos y comunicación, en lugar de ser innatas y depender de estímulos y signos. Concluye Huxley: "El hombre resulta así hoy en día el único organismo capaz de mayor transformación ó avance evolutivo...el único agente capaz de efectuar mayores adelantos y de convertir en realidades nuevas posibilidades para la vida que evoluciona [...]". <sup>(8)</sup>

## El ambiente humano

“¿Qué es en definitiva el “ambiente humano”? ¿es acaso el resultado de un proceso ciego, carente en absoluto de intencionalidad (y por lo tanto, de coherencia), una superposición arbitraria y continua de hechos aislados, un fenómeno incontrolado e incontrolable?”<sup>(9)</sup> se pregunta Tomás Maldonado en su libro *Ambiente humano e ideología*, y se responde: “desde siempre [...] vivimos en un ambiente construido en parte por nosotros mismos [...] En efecto, hacer nuestro ambiente y hacernos a nosotros mismos constituye, filogenética y ontogenéticamente, un único proceso”.<sup>(10)</sup> Pero al mismo tiempo nos advierte que, en realidad, esta conciencia es una conquista de la conciencia humana más bien reciente y que, si bien no es lo mismo hacer que proyectar, “hacer y proyectar son actividades que se presuponen recíprocamente”. Entonces concluye<sup>(11)</sup>:

Podemos denunciar la irracionalidad de nuestro ambiente, pero ninguna consideración acerca de su naturaleza alienante nos puede hacer olvidar que este ambiente deriva de nuestra voluntad factual y que somos nosotros los que, directa o indirectamente, realizamos los objetos que nos circundan y que éstos, a su vez, son parte determinante de nuestra condición humana. (Maldonado, 1972)

Así, el hombre pasa a ser un agente decisivo en la evolución de la vida natural y social con una responsabilidad que no admite excusas: “hacer nuestro ambiente y hacernos a nosotros mismos constituye un único proceso...aunque resulta bastante evidente que entre los diversos subsistemas que componen la naturaleza, solo el nuestro posee la capacidad de provocar perturbaciones irreversibles en el equilibrio ecológico”.<sup>(12)</sup>

Finalmente:

El escándalo de la Sociedad culmina hoy en el escándalo de la Naturaleza. El cuadro se completa: ahora, y sólo ahora, estamos en condiciones de decir que Sociedad y Naturaleza pertenecen al mismo horizonte problemático. No existen, como se creía antaño, dos contabilidades: por un lado, las cuentas con la Sociedad y por el otro, las cuentas con la Naturaleza [...]. Nadie quiere saber nada con un futuro tan carente de futuro; porque a nadie se le escapa el hecho de que cuando la naturaleza esté desnaturalizada hasta el punto de no poder garantizar la vida humana sobre el planeta, la sociedad misma ya no tendrá sentido. (Maldonado, 1972)



El hombre es un agente en la evolución con una responsabilidad que no admite excusas. Solo él posee la capacidad de provocar perturbaciones irreversibles en el equilibrio ecológico



23 – Vivienda marginal en Buenos Aires



24 – Montañas de chatarra

## I.2.4. La lógica proyectual

### Problema y Proyecto

El origen de un proyecto arquitectónico radica en la resolución de un conflicto problemático entre las necesidades de la vida y la realidad. De no ser así no habría necesidad de proyecto ni concreta exigencia de creatividad. Todas las soluciones arquitectónicas se enfrentan con esta problematicidad que confronta fines y medios con verdades establecidas, arraigadas costumbres y formas habituales. Pero al calor de esa tensión los problemas arquitectónicos cambian, obligando a redefinir aquellos términos una y otra vez y realimentando el procesamiento social de la necesidad.

El proyecto plantea la resolución de un conflicto entre las necesidades de la vida y la realidad. Para el arquitecto, la caracterización del problema es el momento fundante de la idea.



25 – Sillón BKF : croquis de los autores

Así, consciente o inconscientemente polémica frente al *statu-quo* de la realidad, la propuesta arquitectónica será de algún modo siempre nueva, expresando una relación distinta entre sus partes aun cuando utilice los mismos elementos. Para el arquitecto, la caracterización del problema es el momento fundante de la idea; el problema sólo se define y sustancia en la acción misma sobre la realidad.

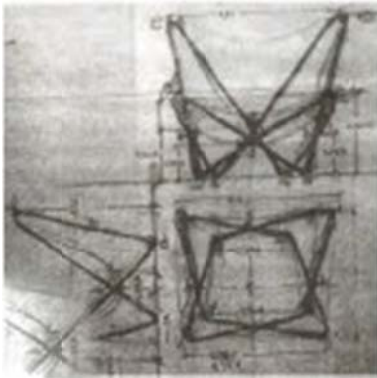
Como ilustran estas imágenes, un ejemplo claro de este proceso se intuye en la concepción del sillón BKF (Bonet-Kurchan-Ferrari Hardoy), sillón que fuera proyectado en el año 1938 y que hoy es famoso en todo el mundo. En efecto, podemos válidamente suponer que el problema caracterizado por sus autores fue responder a la informalidad de la vida moderna con funcionalidad y economía de medios, apoyándose en una tecnología apropiada a las condiciones técnicas locales sin ningún tipo de concesiones folclóricas o pintorescas.

## Intenciones e ideas

A través de un Programa de Necesidades, la sociedad plantea una serie de necesidades, aspiraciones y condiciones de materialización que solo un proyecto está en condiciones de satisfacer: El problema es de origen social, pero tiene destino arquitectónico. A su vez, este desencadena en el arquitecto algunas preguntas fundamentales: ¿Qué debo hacer? ¿Qué puedo hacer? ¿Qué quiero hacer?, es decir, interrogantes éticos, prácticos y estéticos que se traducen en intenciones arquitectónicas: las *intenciones* son de origen subjetivo (las pone el arquitecto), pero tienen destino social. Queda así planteado el meollo del quehacer arquitectónico: el cruce de destinos entre la condición problemática de la arquitectura, que arraiga en lo social, con la conciencia intencionada del arquitecto, fundada en su subjetividad. La elaboración explícita de la problemática e implícita de la intención no son instancias sucesivas sino aproximadamente simultáneas, que interactúan para definirse mutuamente.

Pero en principio esas intenciones solo llegan a ser expresiones de deseo que no encuentran fácilmente su traducción a hechos arquitectónicos tangibles; para poder convertir el problema en una forma se necesita el poder catalizador de una *idea* que sintetice función, contexto y materialización. Así, la idea que buscamos no es meramente un concepto sino la visualización de una lógica para la relación entre las partes. La cuestión de si la idea comienza por prefiguraciones formales o por caracterizaciones conceptuales carece de relevancia. Sometidas a ajustes recíprocos permanentes, ambas vías son convergentes en un doble juego de visualización y conceptualización que es la esencia del oficio.

El problema es de origen social, pero tiene destino arquitectónico. Las *intenciones* son de origen subjetivo (las pone el arquitecto), pero tienen destino social.



26 – BKF : croquis de la idea



27 – BKF : Estructura

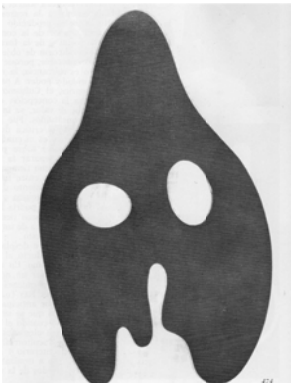


28 – BKF : *Cuero de Vaca*

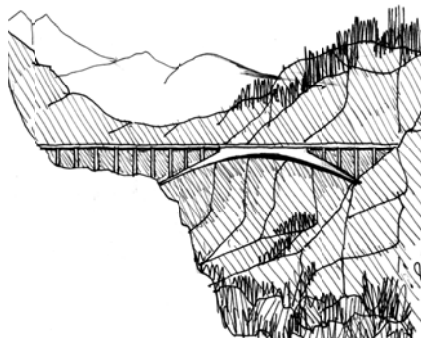
## Oficio

En todas estas instancias se hace presente la materialidad: en los condicionamientos técnico-económicos, climáticos y geográficos del programa y del sitio; en las disyuntivas éticas, prácticas y estéticas del proyectista; en la identidad y carácter del objeto material; en la factibilidad del sistema constructivo; en las habilidades del *oficio*.

La idea no es un concepto sino la visualización de una lógica para la relación entre las partes sensibilidad psico-social, técnica y plástica, orden de pensamiento y maestría en la síntesis.



29 - *Hombre-Botella*.



30 - *Puente sobre el Saginatobel*



31 - Sillón BKF – 1938

Finalmente, el oficio arquitectónico, inacabable, actúa en primer lugar sobre sí mismo revisándose críticamente en cada ocasión y reelaborando nuevos criterios para nuevos problemas, consolidando en forma conjunta una sensibilización psico-social, técnica y plástica; en definitiva, un orden propio de pensamiento y una maestría en la búsqueda de la síntesis.

Como alguna vez dijera Le Corbusier: “todos los materiales son contemporáneos en el plano de la sensibilidad”. Interpretando el tema con una aguda sensibilidad contemporánea, el sillón BKF es a nuestro juicio un gran ejemplo de lo que significa la síntesis entre función, forma y

materialización: una estructura de varillas de hierro redondo, puesta en tensión por el típico “cuero de vaca” colgado de sus extremos, da por resultado una forma libre desplegada en el espacio, en equilibrio dinámico de fuerzas a tono con otras manifestaciones científicas, técnicas y plásticas de la época, colocando a la cultura local en un plano universal.



# CAPÍTULO II

## Sostener

### II.1. La estructura de sostén

#### ARGUMENTO

##### Forma y estructura

Las estructuras poseen una especie de armonía surgida de su apego a las leyes de la Naturaleza, pero también forman parte del *orden* que ha regido el proyecto.

Existe una cierta equivalencia entre *forma* y *estructura*; o entre *Estructura de la Forma* y *Forma de la Estructura*, hasta tal punto se confunden.

##### La intuición estructural

El impacto de la estructura es tan grande—como vemos en arquitecturas de todos los tiempos—que no puede ser relegada a un segundo plano o transferida sin control a los especialistas. Los arquitectos debemos desarrollar la capacidad de pensar, proponer y defender estructuras mediante una intuición estructural informada, visualizando las relaciones entre el material y la forma.

##### ¿De qué se trata?

El comportamiento de una estructura podría resumirse en dos problemas: transmitir cargas al suelo a su través; un problema de *forma* de la estructura y resistir los esfuerzos a que se ven sometidos; un problema de *aptitud* del material, conformando un sistema interrelacionado de cargas, luces, apoyos y tensiones admisibles.

Nuestra premisa es transmitir cómo trabajan las estructuras utilizando solamente métodos gráficos. Aún antes de cuantificar intensidades y determinar secciones necesarias, incorporar conocimientos significativos los hábitos de trabajo cotidiano del oficio.

## II.1.1. Introducción

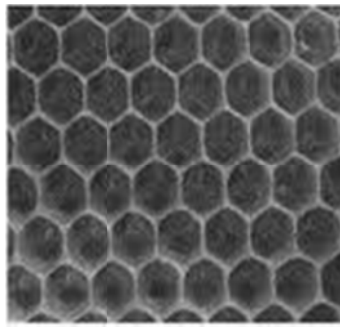
### Forma y estructura

Las estructuras pertenecen a una disciplina con sus propias reglas que debemos considerar en todo su rigor. Como tales, poseen la belleza propia de las matemáticas, una especie de armonía surgida de su apego a las leyes de la Naturaleza, pero también forman parte del *orden* que ha regido el proyecto. Existe una cierta equivalencia entre *forma* y *estructura*, o más exactamente, entre “estructura de la forma” y “forma de la estructura”, hasta tal punto dichos conceptos se penetran y confunden. Por su función primordial de *sostén*, la estructura proporciona un fuerte orden inicial que condiciona el funcionamiento, las dimensiones, aperturas, flexibilidad, etc., del espacio arquitectónico.

Las estructuras poseen una armonía surgida de su apego a las leyes de la Naturaleza pero también forman parte del *orden* que ha regido el proyecto.



1 – Corte de un caracol.



2 – Panal de abejas.



3 – Planta de aloe vera.

Las construcciones más antiguas dedujeron su forma y estructura del apilamiento estático y de la viga y la columna. Roma, el medievo, el Islam, se valieron del concepto dinámico de la bóveda y el contrafuerte. La construcción moderna obtiene su carácter del principio elástico de la continuidad estructural, que la naturaleza aplica a todos los organismos. Pero la más íntima fusión con los sistemas constructivos naturales se obtendrá cuando los elementos de cada estructura sigan las líneas de flujo de las tensiones internas, con la maravillosa economía de materia y energía que sólo la naturaleza sabe conseguir. <sup>(1)</sup> (Arcangeli, 1975)

El impacto de la impronta estructural es tan grande –como vemos en las arquitecturas de todos los tiempos– que su consideración no puede ser relegada a un segundo plano ó transferida sin control a los especialistas. Los arquitectos debemos desarrollar la capacidad de pensar, proponer y defender nuestras estructuras.... desde el inicio mismo de la concepción del proyecto.

Para eso, proponemos desarrollar una intuición estructural informada que nos permita visualizar de un golpe de vista las relaciones entre el material y la forma.

Existe una cierta equivalencia entre *forma* y *estructura*, o entre “estructura de la forma” y “forma de la estructura”, hasta tal punto se confunden.



4 – Pirámides Gizeh



5 – Casa del Puente



6 – Suelo artificial en Marsella

## La intuición estructural

Pero la intuición no es transmisible. Lo más que podemos hacer es plantear situaciones tales que obliguen a crear intuitivamente, para luego razonar y verificar su validez. Por ello, la intuición que preconizamos no es una súbita inspiración sino la aplicación pertinente y oportuna de algunos instrumentos conceptuales sencillos que ayuden a reconocer y comprender los problemas estructurales. Pretendemos que estos instrumentos sean incorporados a los hábitos de trabajo cotidiano constituyentes del Oficio.

Siendo toda estructura es el resultado de la integración entre forma y materia, el comportamiento de una estructura podría resumirse en dos problemas: transmitir un conjunto de cargas al suelo a través de sus elementos componentes (es decir, un problema de forma de la estructura), y resistir los diversos esfuerzos a que se ven sometidos dichos componentes (es decir, un problema de aptitud del material). Estas dos funciones básicas del esquema estructural, *transmitir* y *resistir*, conforman en realidad un sistema interrelacionado de cargas, luces, apoyos, vínculos y aptitudes del material, que se combinan para responder a una finalidad arquitectónica en una situación geográfica, histórica y social particular.

## ¿De qué se trata?

Nuestra premisa es transmitir el conocimiento de cómo trabajan las estructuras utilizando sólo métodos gráficos, con la sola excepción de la ecuación de tensión, que habrá que estudiarla ya que su comprensión y efectivo manejo conceptual serán el más sólido aliciente para la creatividad arquitectónica. Resulta paradójico que en éste momento, donde el lápiz y papel han pasado al olvido y existe un gran avance y desarrollo de los programas de cálculo computarizados, planteemos este modo de comprender las estructuras. Es una apuesta arriesgada ya que la descripción cabal y profunda del fenómeno estructural sólo cobrará precisión matemática con el desarrollo analítico (físico-matemático) del problema, con la salvedad de que todos ellos son modelos de análisis y predicción de comportamiento

heredados de teorías científicas y como tal no tienen carácter de validez universal, sino de ser un modelo útil y probado. Es interesante el desarrollo que hace al respecto el arquitecto Félix Candela en un pequeño texto, *Hacia una nueva filosofía de las estructuras*, donde reflexiona a cerca de la persistencia de la aplicación (que podríamos hacerlo extensivo a la enseñanza), de los métodos de cálculo establecidos por sobre la reflexión y comprensión de los fenómenos estructurales, aunque cabe disentir a cerca del “esfuerzo penoso” para valorar lo estimulante que resulta pensar <sup>(2)</sup>:

Pensar constituye siempre un esfuerzo penoso, y , por tanto , nos es mucho más cómodo creer simplemente en el buen criterio de los que han desarrollado los procedimientos en uso y aplicarlos al pie de la letra, por largos y tediosos que éstos métodos sean, antes que pararnos a pensar un momento por nuestra cuenta. (1953: 10)

En relación a las estructuras resulta imprescindible comprender de qué se trata antes de profundizar en un conocimiento tan vasto. Los textos de estructuras llenan varias estanterías de la biblioteca de la Facultad de Arquitectura, la casi totalidad de ellos escritos por ingenieros especialistas con el tratamiento de algún tema muy parcial y sobreabundante en fórmulas, que causan una especial alergia a los estudiantes de arquitectura y una consecuente incompreensión y negación hacia las estructuras. Prueba de la necesidad de un texto abarcador e introductorio es la vigencia que ha tenido el texto *Estructuras para Arquitectos*, de Salvadori Heller, que resulta un claro antecedente del presente y que proponemos como complemento y ampliación <sup>(3)</sup>.

Es interesante observar que los procesos históricos de desarrollo del conocimiento tienen un fuerte valor pedagógico. Los antiguos métodos de cálculo gráfico o los hermosos modelos funiculares a escala, de tela, hilo y pesos de arena que realizaba Gaudí, resultan un invalorable puente entre el conocimiento teórico y la comprensión de la realidad construida. En el mismo sentido, el análisis de los tipos estructurales esclarece y hace palpable el trabajo estructural, avanzando en la formación a conciencia de la relación entre forma y estructura. Por ello, luego de expuesto un fenómeno tensional y a continuación del mismo, se exponen los tipos estructurales característicos.

Debemos asumir las fuertes limitaciones que el desarrollo exclusivamente gráfico impone, especialmente para la el desarrollo de la flexión , el momento y el momento de inercia, por ello nos valdremos de un modelo pedagógico de viga que cada uno deberá fabricar y tener en sus manos, del que obtendremos considerable información.

Hacemos propias las palabras de Torroja <sup>(5)</sup> :

No es, ni con mucho, el complejo y abstruso desarrollo matemático el que puede inducir al espíritu a imaginar la estructura, ni guiar la mano a trazarla, sino el íntimo sentimiento de sus formas de trabajo, [...] sentido a través de lo deformatorio que siempre va esencialmente unido a todo lo tensional <sup>(4)</sup>. El imaginar la estructura deformándose, bajo la acción de las cargas a que se las

somete, es indudablemente la mejor ayuda que se puede tener al tratar de imaginar, no solo el estado de tensión del sólido, sino también el lugar y la forma en que el material puede fallar <sup>(5)</sup>

Partimos entonces de la observación de los fenómenos deformatorios de nuestro modelo para el estudio de la flexión. Aun antes de cuantificar intensidades, determinar secciones necesarias, o todas aquellas precisiones devenidas del desarrollo analítico que más adelante nos permitirán calcular una estructura, el desarrollo planteado incorpora conocimientos concretos y significativos que esperamos sirvan de fundamento para la incorporación precisa y cuantitativa de los futuros estudios .

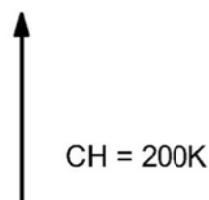
## II.1.2. Fuerzas

### Concepto de fuerza

Nuestro problema será cómo conducir todas las cargas del objeto a construir (o sea las fuerzas) a tierra firme, por ello iniciaremos nuestro estudio repasando los conceptos de *fuerza* y su manejo.

El concepto de fuerza corresponde al desarrollo de la Mecánica Clásica y todo el desarrollo estructural queda circunscripto dentro de ésta a los capítulos de Estática. La denominación cotidiano de fuerza, usualmente está asociado al resultado de una actividad muscular, se hace presente al empujar, golpear o tirar de un objeto. En el caso de un levantador de pesas podemos sorprendernos con la expresión de esfuerzo del deportista, los colores, u otras circunstancias que no hacen al problema estático, pero objetivamente cinco datos serán suficientes para describir ésta actividad: la dirección de la fuerza (el eje vertical, que coincide con la columna vertebral del deportista), el sentido (hacia arriba), la magnitud medida en una unidad apropiada, (que en este caso debe ser igual al peso que debe suspender, intensidad medida en Kg = 200kg), y añadiremos siempre un nombre a la misma (en este caso China =CH).

Fuerzas: Nombre- Magnitud- Unidad - Dirección- Sentido.



7 – Fuerza - Equivalencia de Unidades:  $1/1000 \text{ T} = 1\text{Kg} = 1000 \text{ g}$

Las fuerzas responden entonces al concepto matemático de *vectores*, y se representan con una línea en escala gráfica, con una flecha en su extremo que indica el sentido.

Si extendemos nuestra mirada fuera de la estática podremos refinar el concepto y convenir que la fuerza es la acción que es capaz de producir un cambio de velocidad en un objeto, que será: si el objeto está en reposo (velocidad = 0): ponerlo en movimiento; o si en cambio está en movimiento: acelerarlo o desacelerarlo.

Existen *fuerzas de contacto*, donde un cuerpo interacciona con otro entrando en contacto físico, por ejemplo: un hombre levantando una caja, un buey tirando de un arado, o en el pool la bola blanca golpeando a la bola 7 para ponerla en movimiento.

Y las fuerzas de campo, que se ejercen a distancia sin que exista necesariamente contacto físico, que actúan a través del vacío, son las fuerzas eléctricas, magnéticas, subatómicas y el campo gravitacional. Los campos eléctricos ponen en movimiento los motores, los campos magnéticos hacen girar la aguja de la brújula.

La fuerza de gravitación universal,  $G$ , es la fuerza de atracción que se ejercen mutuamente dos cuerpos con masa, es tanto la que atrae un meteorito hacia La Tierra como la que produce lo que llamamos peso de un objeto ( $\text{Peso} = g \times \text{masa del objeto}$ , donde  $g$  = fuerza de gravitación universal  $\times$  masa de nuestro planeta).

## Equilibrio de fuerzas

Una situación particular de la acción de fuerzas sobre un sistema es aquel en el cual el cambio de velocidad es cero. Llamamos a este estado *equilibrio*. Para que exista equilibrio no deberá haber acción de fuerza, o más precisamente, la sumatoria de todas las fuerzas actuantes deberá ser cero.

De ello deducimos que en un sistema en equilibrio para toda fuerza actuante existe una fuerza igual y de sentido contrario que la anula (llamadas: acción y reacción).

Para toda fuerza actuante existe una fuerza igual y de sentido contrario que la anula



8 - Equilibrio: Sumatoria de Fuerzas = 0.



Para nuestra profesión el estado de equilibrio nos resultará de especial interés en la medida que pretendamos que nuestros edificios no se muevan, fundamentalmente porque tienen la mala costumbre de hacerlo hacia abajo.

En una cinchada, para que el punto central de la cuerda no se mueva, los niños de cada equipo deberán sumar la misma fuerza que está haciendo el equipo contrario. Son dos fuerzas que actúan en la misma dirección (el eje de la cuerda), con la misma intensidad (equivalente a la sumatoria de las fuerzas que ejercen los niños de cada equipo), pero en direcciones opuestas, entonces ambas se anulan y no hay movimiento.

Sin embargo la sumatoria de fuerzas no es siempre tan sencilla, cuando las fuerzas actúan en diferentes direcciones la suma no es la simple suma algebraica de sus magnitudes. Para análisis y predicción del equilibrio (proyecto estructural) necesitaremos poder sumar las fuerzas actuantes y obtener la resultante.

## **Suma de fuerzas**

Por convención nombraremos a las fuerzas:  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ , etc. y al resultado de la suma de las mismas, fuerza resultante:  $R$ .

La suma de  $F_1 = 2K + F_2 = 6K$  rara vez da como resultado una fuerza  $R = 8K$ , como ya dijimos, la suma de fuerzas no es una suma algebraica de sus magnitudes. El caso es que estaremos sumando vectores y no magnitudes simples.

Las fuerzas se pueden sumar analíticamente y gráficamente por dos métodos, aplicaremos sólo los métodos gráficos, imprecisos pero muy pedagógicos.

Representaremos las fuerzas como vectores, todas expresadas en la misma unidad, en una escala gráfica conveniente, para ello debemos ser muy prolijos y cuanto mayor el dibujo más preciso el resultado.

Antes de avanzar sobre los métodos conviene aclarar que la suma de vectores (fuerzas) cumple con la Ley Conmutativa de la Suma: cuando se suman vectores la resultante es independiente del orden en que se hayan dispuesto.

## **Método del Triángulo**

Para sumar dos fuerzas  $F_1$  y  $F_2$ , se dibujan las fuerzas una a continuación de la otra de manera que el inicio de la segunda coincida con el punto final de la primera fuerza dibujada.

La fuerza resultante  $R = F_1 + F_2$  equivale a la fuerza que va desde el inicio de la primera al final de la segunda.

## **Método del Paralelogramo**

Para sumar las mismas fuerzas  $F_1$  y  $F_2$ , se dibujan las fuerzas de modo que coincidan los puntos iniciales de las mismas. Se construye un paralelogramo con líneas auxiliares con las fuerzas como lados del mismo.

La fuerza resultante  $R = F_1 + F_2$  es la diagonal del paralelogramo.

Como podemos observar la resultante es la misma. Elegiremos entre un método u otro en cada caso en función de la conveniencia de dibujo.

## Polígono de Fuerzas

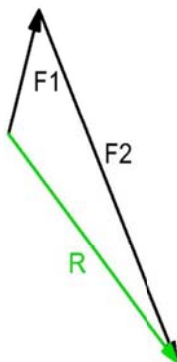
Si se suman tres o más fuerzas, por la Ley Conmutativa de la Suma, la resultante es independiente del orden de suma.

La construcción geométrica debe realizarse dibujando todas las fuerzas una a continuación de la siguiente de manera que el inicio de cada una coincida con

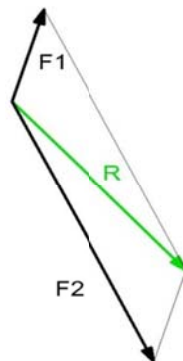
el punto final de la anterior fuerza dibujada. La fuerza resultante  $R$  será la fuerza que va desde el inicio de la primera al final de la última.

Ésta es la aplicación del método del triángulo a la suma de tres fuerzas, el lector podrá deducir cómo se hace a través del método del paralelogramo. Una pista: se suman de dos en dos, obteniendo resultantes parciales.

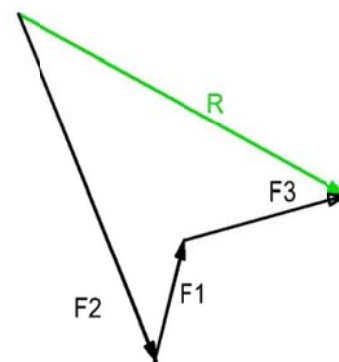
DEL TRIANGULO



DEL PARALELOGRAMO



POLÍGONO DE FUERZAS



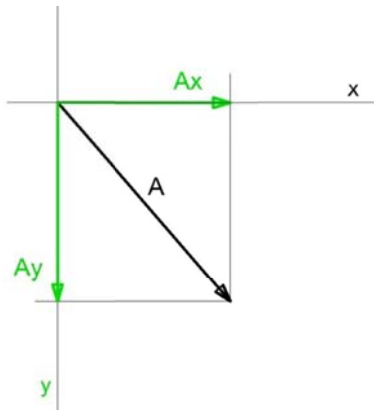
9 - Suma de Fuerzas

## Componentes de una Fuerza

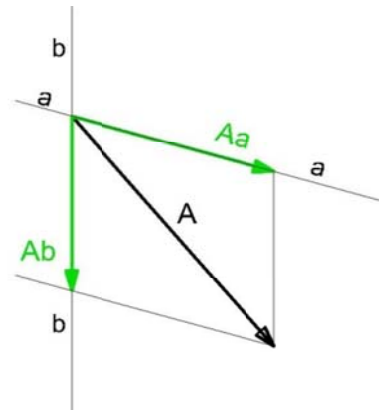
Si dos fuerzas pueden sumarse y obtener como resultado una única fuerza, también podemos hacer lo inverso y expresar una fuerza cualquiera como la suma de dos fuerzas que llamaremos componentes. Debemos acostumbrarnos a ésta equivalencia matemática en la realidad diaria, es indistinto que expresemos una fuerza como tal o como sus componentes, en definitiva son la misma fuerza.

Cuando hacemos la proyección de una fuerza (método del paralelogramo) sobre los ejes de un sistema de coordenados ortogonales  $x - y$  estamos descomponiendo una fuerza en sus *componentes ortogonales*. Sistema muy útil porque nos permite expresar cualquier fuerza sin necesidad de involucrar una medida angular. A su vez muchas de las estructuras tienen sus elementos según ejes ortogonales.

Sistema de Ejes Ortogonales



Sistema de Ejes no-ortogonales



## 10 – Sistemas de Ejes Componentes de una Fuerza

En los sistemas de coordenadas ortogonales el eje y-y es el de la gravedad, el que marca la plomada, y son fuerzas que se pueden conducir a tierra fácilmente. El eje x-x es perpendicular a la gravedad, las fuerzas que actúan sobre este eje son más problemáticas, difíciles de conducir a tierra y tienden a volcar la estructura (fuerzas externas: viento, sismos) y fuerzas internas llamadas empujes (debidos a arcos, bóvedas, puntales).

El sistema ortogonal nos permitirá a su vez trabajar con fuerzas en el espacio, ya que tan sólo debemos descomponer las fuerzas en sus componentes x- y-z, y luego sumarlas como hemos aprendido.

Cuando las estructuras tengan sus elementos según ejes no ortogonales deberemos descomponer las fuerzas según éstos nuevos ejes, en el gráfico ejes aa-bb.

## Fuerzas actuantes en una estructura

Todas las fuerzas actuantes en una estructura deben ser cuantificadas para poder incorporarlas cálculo. Para ello se las divide en *cargas permanentes* y *cargas eventuales*. Las cargas permanentes incorporan el peso propio de la estructura entre otras las cargas debidas al uso del edificio: la carga útil, reglamentadas en relación al destino del edificio.

Las cargas eventuales, de viento, nieve, agua, etc.; aplicación de cargas dinámicas, como sismos o cargas vibratorias; pueden ser muy peligrosas por lo poco predecibles y por actuar lateralmente, dirección en la que las estructuras suelen ser menos resistentes.

A demás, a las cargas del edificio se las incrementa con un coeficiente de seguridad, también en relación con destino del edificio.

Muchas de estas cargas las encontraremos expresadas en T/m<sup>2</sup>, o sea unidad de cargas sobre superficie, son las cargas uniformemente repartidas.

En la imagen del ensayo de resistencia de la estructura de Félix Candela para la cubierta del Mercado en México, podemos ver una aproximación elocuente a lo que es una carga

uniformemente repartida. Vemos a dos docenas de incrédulos mexicanos corroborando la aptitud estructural del módulo construido.

Cargas permanentes:

Q: Carga uniformemente repartida.

qp= Peso propio

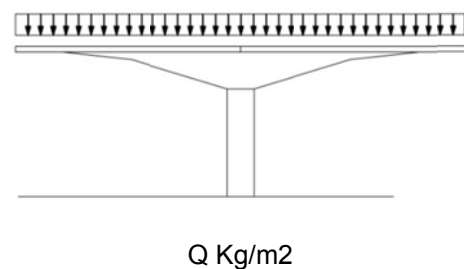
qm= peso de la “arquitectura” muros, contrapisos, carpinterías, etc.

qu= peso útil, reglamentaria según el destino.

Cargas eventuales:

viento/ nieve/ agua acumulada / contención de suelos/ mov. sísmicos, etc.

F. CANDELA –Estructura Experimental para Mercado Jamaica, México.



11 - Carga uniformemente repartida

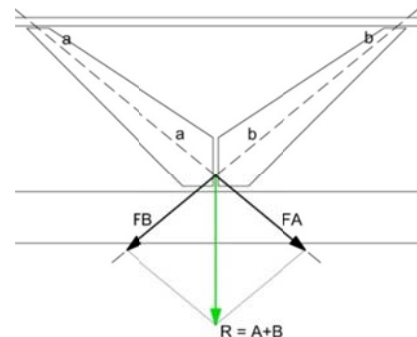
## Composición de Fuerzas según los Ejes de la Estructura

A modo de ejemplo de aplicación básica del manejo de fuerzas analizaremos el apoyo de la galería del Priorato de la Anunciación, de Marcel Breuer.

LA GALERÍA DEL PRIORATO DE LA ANUNCIACIÓN, DE MARCEL BREUER



12 – Galeria del Priorato: arq. Marcel Breuer



13 - Composición de fuerzas

La galería está sostenida por una serie de columnas de forma particular, son columnas en V sobre las que se apoyan la losa de la galería. Supongamos que sabemos que en cada brazo de la columna actúa una fuerza de  $1T$ .

Primero encontraremos los ejes de simetría de los elementos estructurales A y B, que llamaremos aa y bb (como el elemento es materialmente homogéneo su eje de simetría coincide con el eje de resistencia). Una vez encontrados éstos ejes podemos abstraernos de la forma particular de éste elemento estructural, y sabremos que la dirección de las fuerzas es la de éstos ejes.

Representamos en una escala adecuada ubicando el origen de las fuerzas FA y FB en la intersección de los ejes aa bb, (las fuerzas se pueden deslizar libremente lo largo de su eje de acción, más adelante veremos qué producen las fuerzas al recorrer el elemento estructural). Allí siguiendo el método del paralelogramo trazaremos las líneas auxiliares y obtendremos R, la Resultante de la suma de FA + FB, si la medimos en la escala convenida  $R=1.27T$ . O sea, sabemos cómo descarga la columna compuesta en forma de V sobre el muro de piedra.

Podemos observar que aún partiendo de fuerzas con componentes vertical y horizontal ("inclinadas"), la resultante es enteramente vertical. Debemos acostumbrarnos a poder abstraer las estructuras, visualizar los elementos a través de sus ejes y al manejo de fuerzas actuantes; esto nos llevará un tiempo hasta que incorporemos las herramientas básicas.

## Tensión y Deformación

Cuando dos o mas fuerzas actúan sobre un cuerpo físico concreto el material que lo compone entra en tensión. La tensión estará caracterizada por cómo actúan las fuerzas y es en relación a las fuerzas que le dieron origen que la analizaremos. Las tensiones internas será la "respuesta" del material a las fuerzas actuantes.

En 1660 el físico inglés Robert Hooke formula la conocida Ley de Hooke que dice la deformación es directamente proporcional a la fuerza aplicada. Esta ley se aplica a los materiales que poseen un período llamado elástico, donde efectivamente las deformaciones son proporcionales a los esfuerzos. Hay materiales como el acero que poseen un período plástico, donde las deformaciones no son proporcionales a las esfuerzos. Pero aún así vale la siguiente deducción: donde hay deformación, hay esfuerzo.

Las deformaciones estructurales son muy poco apreciables, pero tenemos incorporada de la vida diaria la observación de variados fenómenos deformatorios y los podemos extrapolar. Toda tensión va acompañada de una deformación y a partir del estudio de la deformación podremos intuir el esfuerzo interno.

Tenemos genéricamente que:

$$\text{TENSIÓN } \sigma = F/S \text{ Fuerza / Sección} = [\text{Kg/cm}^2]$$

Donde:

Tensión admisible =  $\sigma_{adm} = \sigma_{rotura} \times \gamma$  (coeficiente de seguridad).

Conociendo dos datos y despejando la variable desconocida, o incógnita, de la fórmula de tensión podemos deducir que:

Tensión de trabajo:  $\sigma_{trab} = F_{actuante} / \text{Sección adoptada} = [\text{Kg/cm}^2]$

Sección necesaria:  $Fuerza_{actuante} / \sigma_{adm} = [\text{cm}^2]$

Fuerza máx admisible:  $\text{Sección adopt.} \times \sigma_{adm} = [\text{Kg}]$

Ahora bien: ¿cuáles son las tensiones a las que podemos someter a un cuerpo?, ¿cuáles son las diferentes maneras en que pueden actuar las fuerzas externas?

Nos puede ayudar tener una goma de borrar en la mano y apretarla, estirarla, retorcerla, de manera creativa. Un análisis de los esfuerzos a los que sometimos a nuestra goma de borrar nos revelará que no son tan variados, más si tenemos en cuenta que los esfuerzos pueden ser complejos sumando más de un esfuerzo básico.

## **Esfuerzos Axiales, simples y compuestos**

Dividiremos los esfuerzos básicos en axiales simples y compuestos. Los esfuerzos axiales simples son aquellos en los que las fuerzas actúan sobre un mismo eje, tienen una misma dirección. El cuerpo se encuentra en equilibrio ya que las dos fuerzas tienen la misma intensidad y se anulan. Lógicamente sólo hay dos alternativas: o las fuerzas son convergentes o divergentes y llamaremos Compresión y Tracción respectivamente, a las tensiones resultantes.

Si trabajamos con dos fuerzas que actúan en direcciones paralelas y aproximamos los ejes infinitesimalmente ( $e =$  excentricidad tendiendo a cero, de manera que no se produzca desequilibrio rotatorio), estaremos sometiendo el cuerpo a Corte. Los planos internos del material tenderán a deslizarse entre si.

Tendremos tensiones compuestas si las fuerzas no actúan sobre el mismo eje. Como veremos más adelante en los estados de tensión compuesto encontramos la aparición de Tracción, Compresión y Corte de manera simultánea.

Si intentamos curvar la goma veremos que como mínimo necesitamos tres dedos. Cuando tres fuerzas actúan sobre un cuerpo: están en un mismo plano, son paralelas (perpendiculares a un eje común) y están distanciadas entre si, estaremos frente a la Flexión. La distancia entre el par de fuerzas que actúan de un mismo lado del eje, la llamaremos luz ( $l$ ). Para que el cuerpo se encuentre en equilibrio las dos fuerzas actuantes de un lado del eje deben sumar lo mismo que la fuerza actuante en el otro lado del eje.

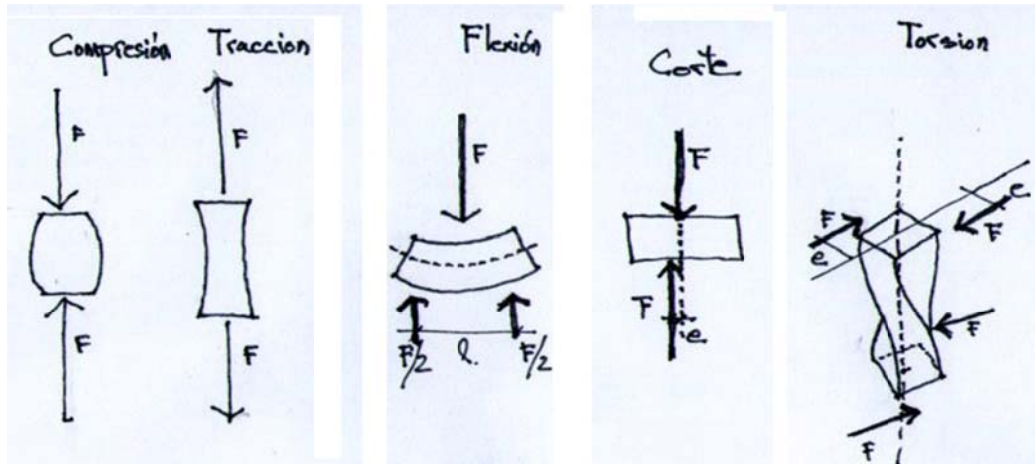
Si “retorcemos” la goma estaremos frente a la Torsión. Son dos pares opuestos de fuerzas excéntricas (con sus ejes de acción desplazados entre sí alrededor de un eje común) y actuando en planos paralelos distanciados. El cuerpo se encuentra en equilibrio rotatorio, en el



gráfico: el par de fuerzas superior tiende a rotar en sentido horario y el par inferior en sentido antihorario. La distancia vertical no es significativa, la excentricidad entre fuerzas sí.

En adelante profundizaremos éstos conceptos expuestos aquí a modo de presentación.

#### ESTADOS BÁSICOS DE TENSIÓN DE UN SÓLIDO Y SU DEFORMACIÓN.



14 - Estados de Tensión

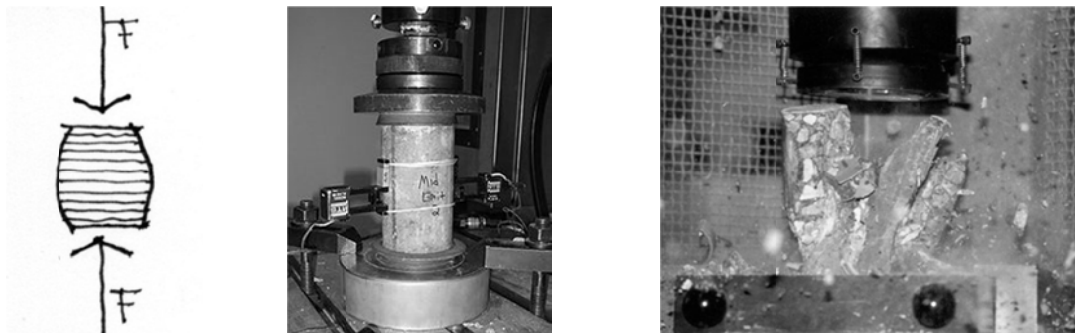
### II.1.3. Compresión

#### Concepto de compresión

La *compresión* es el estado de tensión axial simple debido a la acción de dos fuerzas que tienen la misma dirección, idéntica magnitud, y sentido opuesto de modo convergente.

Las partículas del material se acercan entre sí y el cuerpo se deforma acortando su dimensión en el sentido de las fuerzas y engrosando su dimensión perpendicular al eje de acción de las mismas.

Compresión: fuerzas actuantes y deformación.



15 - Ensayo de resistencia: estallido.

Un material característico por trabajar bien a la compresión es el hormigón simple. Sobre él se hacen usualmente pruebas de resistencia para verificar su calidad, o sea la tensión máxima admisible. En la imagen vemos una probeta, un cilindro de dimensiones controladas, sometido a compresión hasta llevarlo al punto de rotura que se produce con un estallido del material. Cómo rompe un material nos habla también del tipo de esfuerzo al que fue sometido.

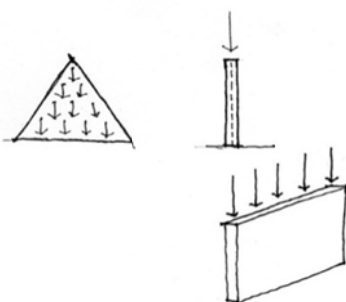
## Tipos estructurales a la compresión

Una adecuada relación entre forma y estructura deviene en un tipo estructural. El tipo es independiente del material con que se realiza, la tensión característica es la que le da sentido. El comportamiento estructural es definido y sintético, minimizando las tensiones y maximizando el empleo de la sección estructural.

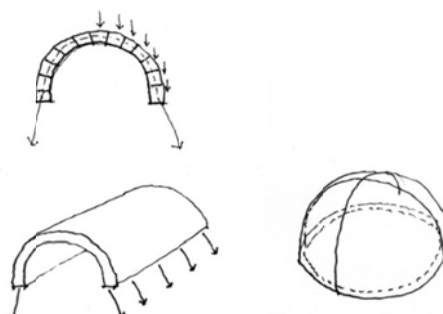
El hombre ha desarrollado los tipos estructurales a partir de la lenta acumulación de experiencia, a través de la prueba y el error, en un camino no siempre acumulativo; y rápidamente a partir de los avances de la ingeniería en la compresión de los fenómenos resistentes a partir de la revolución industrial.

El estudio de los tipos estructurales resulta esclarecedor ya que agrupa una muy amplia variedad de espacios construidos por el hombre bajo idénticos modos estructurales. Sostener su cobijo de manera perdurable y segura siempre ha sido una preocupación del hombre y las soluciones encontradas son convergentes en las más variadas culturas y lugares. Sus formas se deben a una adecuada y creativa interpretación de la capacidad resistente del material disponible.

APILAMIENTO – COLUMNA - MURO



ARCO – BÓVEDA - CÚPULA



16 - Tipos estructurales a la compresión

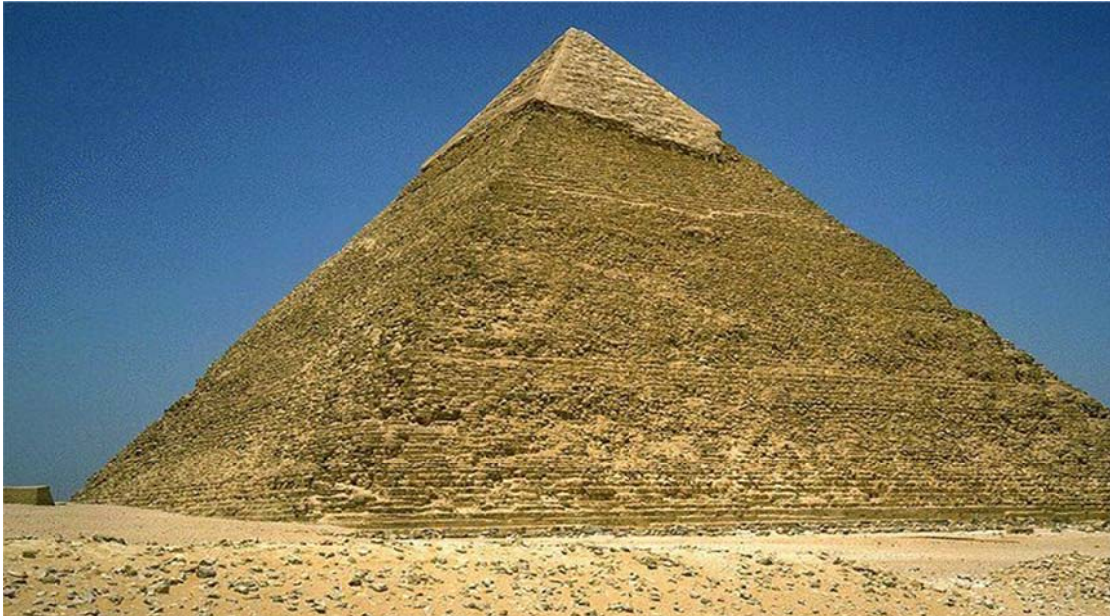
En los tipos estructurales a la compresión, las cargas deben seguir el eje del elemento estructural, pues de lo contrario la estructura desarrollaría otros esfuerzos indeseables, tales como flexión, pandeo, que los vuelven inestables.

Los materiales que resisten a la compresión son abundantes (como la piedra o el ladrillo) pero suelen ser pesados. Es importante el aporte de la carga de la propia estructura, condición que se utiliza favorablemente en algunos casos para aumentar la estabilidad, o guiar el recorrido de las cargas y reorientarlo verticalmente.

## Simple apilamiento

Es el más básico de los tipos a la compresión. Su lógica obedece al traslado directo de la carga siguiendo la recta de acción de la fuerza de gravedad.

### PIRÁMIDE EGIPCIA



17 - Simple apilamiento: Pirámide Egipcia

Predomina el peso propio de la estructura respecto a la carga útil. Es la forma que adoptan los materiales a granel: tierra, arena, piedra suelta, caracterizadas por una pendiente específica que evita el desmoronamiento. Son estructuras cuya base en general es mayor a medida que se acerca a tierra, por lo tanto muy estables, por ejemplo: terraplenes, taludes, caminos, mastabas, pirámides. Cada parte del apilamiento tiene por debajo inexorablemente más material que resiste su peso a compresión pura y traslada su carga lineal y verticalmente a tierra. No genera espacio interior.

La pirámide es una excelsa obra de apilamiento, inmensos bloques de piedra impactan por su rigor geométrico. No “humano”, cercano a lo divino, por los pesos involucrados y por lo abstracto de su presencia en el desierto. Una impactante demostración de poder y de trascendencia temporal.

## Columna

Es un elemento diseñado para recibir una carga puntual y trasladarla verticalmente a tierra. Trabaja enteramente a la compresión, traslada la carga que corresponde a un sector considerable de la superficie cubierta (para la planta arquitectónica es un apoyo puntual) y por ello está sometido

a tensiones medianamente importantes. El recorrido de la carga debe ser axial, sin apartarse del eje ya que si no se producirían esfuerzos de pandeo lateral (flexión inducida).

## COLUMNA



**18** - Columnas del Partenón

Un ejemplo significativo es la columna de los templos griegos. Es una columna conformada por partes. Su construcción exagera las características de este elemento incapaz de soportar esfuerzos transversales, es un simple apilamiento de discos de piedra. Los bloques eran cortados en la cantera y trasladados para ser colocados uno sobre otro con una pequeña pieza central de vinculación en bronce. La columnata de los templos griegos en sí misma otorga un carácter extrovertido y público al templo y está cargada de una impresionante impronta cultural.

## Muro

Conceptualmente podemos pensar al muro como el traslado de la columna sobre un eje, y con ello deducir sus características. Aunque, en realidad, la columna es de un refinamiento estructural y constructivo mucho mayor que el del muro.

El muro resiste cargas verticales exclusivamente a la compresión, sólo traslada las cargas verticales que están en su plano. Para la planta arquitectónica representa un apoyo lineal y traslada a tierra una carga repartida que corresponde sólo a la mitad del ancho que la separa del siguiente muro, lo que representa una carga considerablemente menor que la de la columna. No resiste empujes perpendiculares a su plano, que producirían pandeo. Pero sí resiste esfuerzos horizontales coincidentes con el plano conformado.



## MURO



**19** - Machu Pichu, arquitectura de la *caja muraria*

Esta capacidad del muro de resistir empujes horizontales en una dirección definida y ser débil a 90° de la misma, da origen a la lógica de la caja muraria. Es un sistema de rigidización transversal mutua aportada por planos perpendiculares entre si (trama ortogonal). La caja muraria alberga con total naturalidad espacios arquitectónicos interiores. Como encuentra sus puntos de mayor rigidez en los ángulos, sus vanos estarán horadados siguiendo la lógica estructural, en el centro del plano.

Machu Pichu es un hermoso ejemplo de un espacio urbano conformado por la lógica de la caja muraria. Sus muros son de granito tallado a mano y rectificado por abrasión con arena, de manera de lograr encastres perfectos. Sin los techos, vemos la sucesión de recintos en hileras escalonadas que conformando un muro común, presentan un frente al paisaje y a los vientos de montaña. Sigue la tradición incaica de separar por calles intermedias, no existe la “medianera”, el muro compartido, por eso podemos identificar cada caja individual. Sin embargo podemos ver claramente el carácter unificador de estos muros perpendiculares a la pendiente de la montaña rigidizados por las costillas de cada recinto.

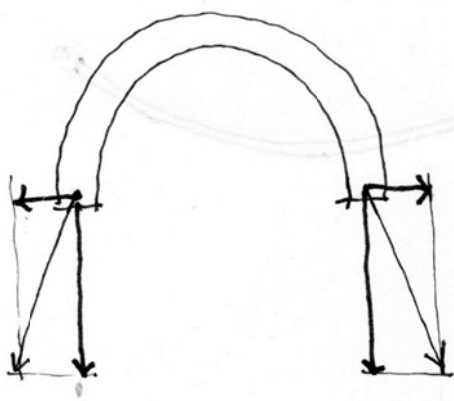
## Arco

Analizaremos una familia de tipos estructurales: arco , bóveda y cúpula, que pueden ser estudiados y comprendidos partir del arco. Quien haya jugado con la arena en la playa se habrá acercado empíricamente a la lógica que rige este grupo. La arena húmeda sólo resiste a la

compresión, sin embargo es posible ahuecar su masa sin que se derrumbe. Hacemos con la mano huecos curvos, túneles con techo abovedado. Si diéramos una forma incorrecta, acercándonos a la sección rectangular una parte del “techo” de nuestro túnel, la parte que está colgada, se derrumbaría y la forma resultante sería una curva, ahora sí trabajando enteramente a la compresión. La forma ideal que damos con la mano a los huecos en la arena en su sección es un arco.

El arco trabaja enteramente a la compresión y por forma. El recorrido de las cargas sigue la curva permitiendo separar los apoyos y albergando un vacío con un tipo estructural que trabaja exclusivamente a la compresión. Los romanos extendieron su uso y por primera vez en la historia, se podían abrir vanos en muros y, con las bóvedas cubrir espacios, con materiales durables como la piedra.

### ARCO



20 - Arco Romano en Cabannes

El principio es simple, empezando de arriba hacia abajo, debajo de cada segmento del arco hay material que lo soporta a compresión, desde abajo pero siempre un poco más abierto y apartándose del eje de simetría

La pieza superior del arco se llama clave, es la última en colocarse y recién cuando ésta comprime a sus laterales la estructura entra en tensión. La clave descompone su carga sobre las 2 piezas adyacentes y genera un empuje lateral. A medida que descendemos y sumamos piezas, el peso de cada pieza del arco redirecciona hacia abajo el recorrido de las cargas (aumenta la componente vertical de la resultante de las cargas actuantes).

Todo el recorrido de las cargas debe seguir axialmente al arco. Si las cargas se desvían este se vuelve inestable (se desvía hacia fuera típicamente en el tercio inferior, riñones del arco).

Finalmente cuando llegamos al apoyo del arco tenemos una resultante abierta en cada extremo, con componente vertical y componente horizontal llamada empuje. El empuje es la



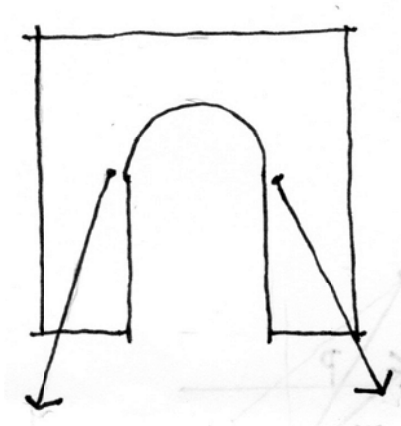
fuerza crítica del arco, debe descargarse a tierra a través de la masa del pilar o contrarrestarse (si no el arco se abriría). El empuje lateral es por contrapartida quien nos permitió abrir el vano.

El arco es apto para la carga uniformemente repartida y encuentra su forma natural de carga en el muro, es más: éste lo contiene y le impide su deformación.

## Empuje del arco

Existen dos modos históricos de resolver el *empuje del arco* y llevar la carga a tierra. Por masa, el empuje del arco es conducido a tierra a través de un cuerpo sólido lateral al vano. El Arco de Triunfo es un refinamiento de éste principio ya que el peso de los “hombros” aumenta la componente vertical de la resultante. Con gran carga simbólica coloca el peso arriba, invierte la lógica tectónica del simple apilamiento y hasta ahueca con arcos menores los laterales del vano principal. Es un alarde de poderío técnico erigido como recordatorio de una victoria militar.

### EMPUJE DEL ARCO

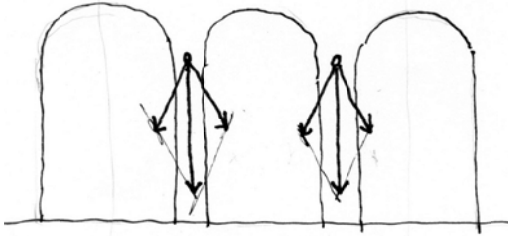


21 - Arco de Triunfo Romano Siglo I

Otro modo de anular el problema del empuje es por sucesión de arcos. Un arco al lado de otro tienen empujes opuestos entre sí. Los empujes de cada arco se anulan en la medida en que el arco tenga la misma forma, tamaño, y sus cargas sean equivalentes. La resultante de la composición de los empujes laterales sólo tiene componente vertical. Este principio permite a su vez varios niveles de uso, uno sobre otro. El problema es cómo contener el último arco de la sucesión de arcos.

En los acueductos la masa de la montaña resuelve el último empuje. Otra ingeniosa solución es cerrar la sucesión de arcos sobre sí misma en forma de anillo, es el caso del Coliseo.

## EMPUJE DEL ARCO



22 - Acueducto de Segovia

## Bóveda

Podemos pensar a la *bóveda* como la traslación del arco sobre un eje. En efecto las consideraciones sobre su comportamiento son equivalentes. Es una estructura a la compresión que trabaja por forma, y el recorrido de sus cargas debe seguir el centro de su geometría. Al igual que en el arco el problema del empuje lateral condiciona el apoyo de la bóveda. Comparemos dos bóvedas distantes en el tiempo y observemos cómo el tipo estructural mantiene sus condicionantes espaciales.

En la Ermita Románica del siglo IX el empuje lateral repartido es tomado por un muro ancho, el espacio interior es fuertemente condicionado por la masividad de los muros laterales. En la Maison Sarabhai de 1955, Le Corbusier contrarresta los empujes laterales con una sucesión de bóvedas, las bóvedas están apoyadas sobre vigas que permiten abrir los muros laterales y explorar la espacialidad transversal de la sucesión. Las últimas bóvedas contrarrestan sus empujes, vinculadas entre sí por tensores en los extremos de las vigas.

El espacio bajo una bóveda es lineal, con su largo indeterminado y un ancho fijado por la luz de la bóveda. Los muros laterales cumplen el rol de sostén de la carga repartida de la bóveda y deben soportar el empuje lateral, por lo que son muy anchos resultando un espacio fuertemente interiorizado.

## BÓVEDA

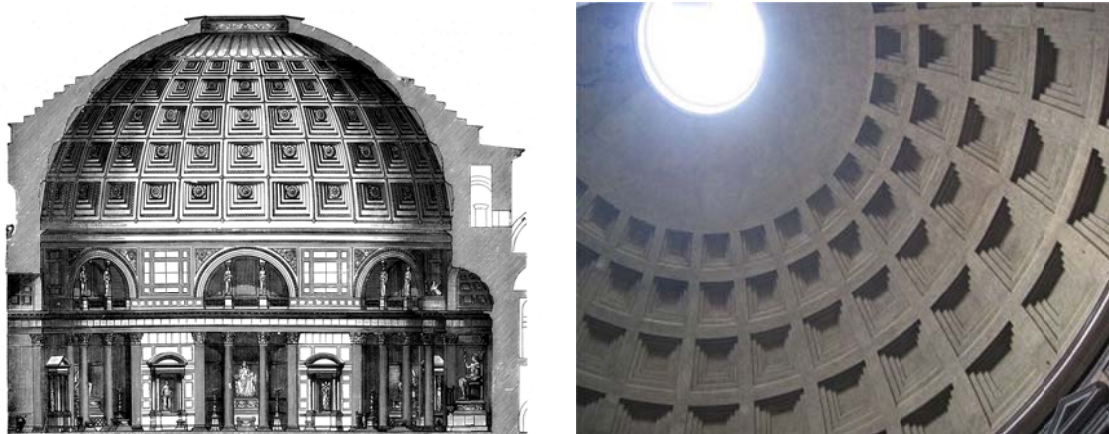


23 - Esquema de Bóveda - Eremita Románica S.IX - Maison Sarabhai - Le Corbusier

## Cúpula

Podemos pensar a la *cúpula* como un arco rotado sobre su eje de simetría. El ejemplo ineludible es el Panteón de Agrippa, construida por los romanos en el año 27 AC fue la cúpula más grande durante catorce siglos. El empuje del aro de apoyo es tomado por un ancho muro de carga. La cúpula cubre un espacio circular de 43 m de diámetro y está construida en hormigón masivo alivianado por sustracción de casetones desde su interior.

## CÚPULA



24 - Panteón de Agrippa, Corte y foto de Cúpula del Panteón

Nos llama la atención la sustracción de “la clave del arco”, el óculo central de 9 m de diámetro es una entrada de luz y hasta lluvia. Cada anillo concéntrico fue hormigonado de manera independiente y resulta autoportante. Los anillos están sustentados por la continuidad de compresión lateral. Cada casetón se apoya en el que se encuentra inmediatamente por debajo y también comprimido por ambos laterales. En definitiva es una estructura espacial con

continuidad de compresión anular a demás de la descendente estudiada en el arco. El espacio resultante es unívocamente centralizado.

## II.1.4. Tracción

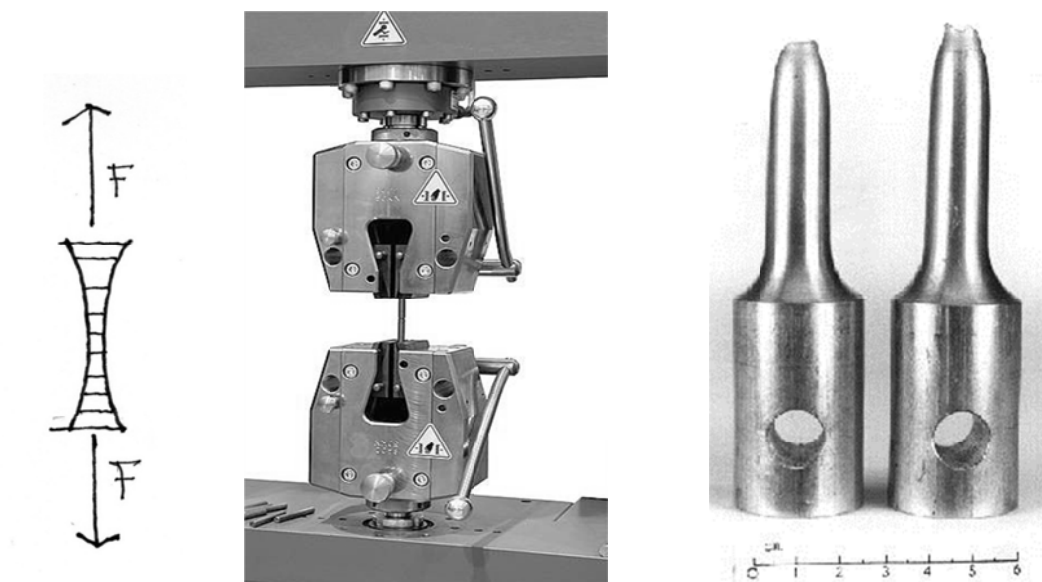
### Concepto de tracción

La *tracción* es el estado de tensión axial simple debido a la acción de dos fuerzas que tienen la misma dirección, idéntica magnitud, y sentido opuesto actuando de modo divergente.

Las partículas del material se alejan entre sí y el cuerpo se deforma alargando su dimensión en el sentido de las fuerzas y afinando su dimensión perpendicular al eje de acción de las mismas.

Un material característico por su resistencia a la tracción es el acero. Sobre él se hacen usualmente pruebas de resistencia para verificar su calidad, o sea la tensión máxima admisible. En la imagen vemos un *testigo*, un cilindro de dimensiones controladas, sometido a tracción hasta llevarlo al punto de rotura que se produce con un período *plástico* previo, el material “avisa”, se deforma mucho más, apartándose de la recta de elasticidad que postula la ley de Hooke, antes cortarse definitivamente.

### TRACCIÓN

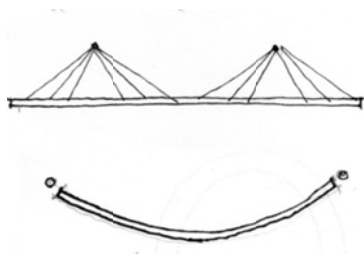


25 – Esquema y ensayo a la tracción

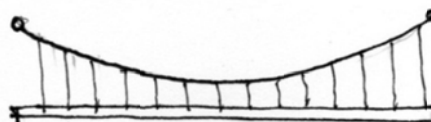
## Tipos estructurales a la tracción

Los elementos que conforman las estructuras a tracción son: cables, cadenas, tensores y barras de acero. Son estructuras *colgadas*.

### TIPOS ESTRUCTURALES A LA TRACCIÓN



26 - Tensores rectos – Curva Catenaria



27 – Parábola

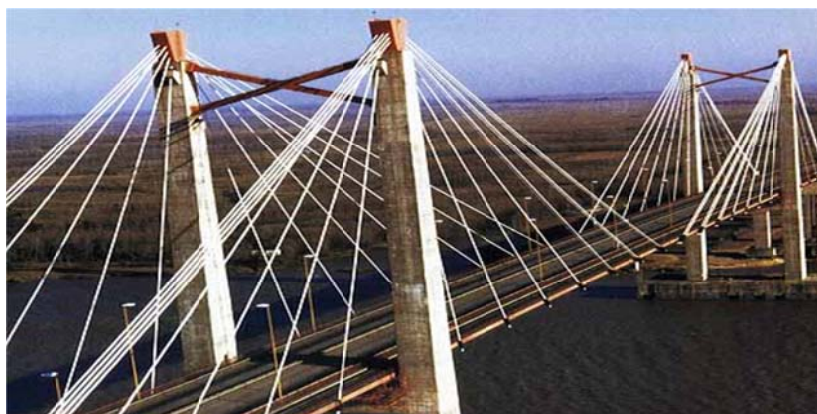
Los cables y tensores no tienen forma, toman la forma más adecuada para soportar la carga que se le ejerce. Las barras de acero deben adoptar la misma disposición que los cables ya que por su proporción estrecha y larga (esbeltez) no soportan ningún otro esfuerzo más que tracción.

Analizaremos tres tipos de estructuras colgadas, la mayor parte de las estructuras a tracción las veremos aplicadas en puentes, salvando una gran luz estructural.

### Tensores rectos

El tipo más simple a tracción es la estructura de *tensores rectos*. Los tensores se disponen siguiendo una distribución de abanico desde un punto superior. El abanico debe ser preferentemente simétrico para contrarrestar la componente horizontal del anclaje superior de los tensores sobre el pilar y evitar que éste trabaje a flexión. Deben equilibrarse las cargas laterales sobre las columnas para tener sólo una descarga vertical.

### PUENTE ZÁRATE BRAZO LARGO



28 - Tensores rectos en abanico: Puente Zárate Brazo Largo.

Haciendo la descomposición de fuerzas por el método de triángulo, podemos deducir que para la misma carga, cuanto más agudo el ángulo del tensor mayor la tensión. Observaremos a su vez que la descomposición de fuerzas en la base del triángulo obliga a trabajar a la calzada a compresión pura. Donde el par de fuerzas que produce la compresión es aportado por el anclaje inferior de cada par de tensores simétricos respecto al pilar.

## Catenaria y parábola

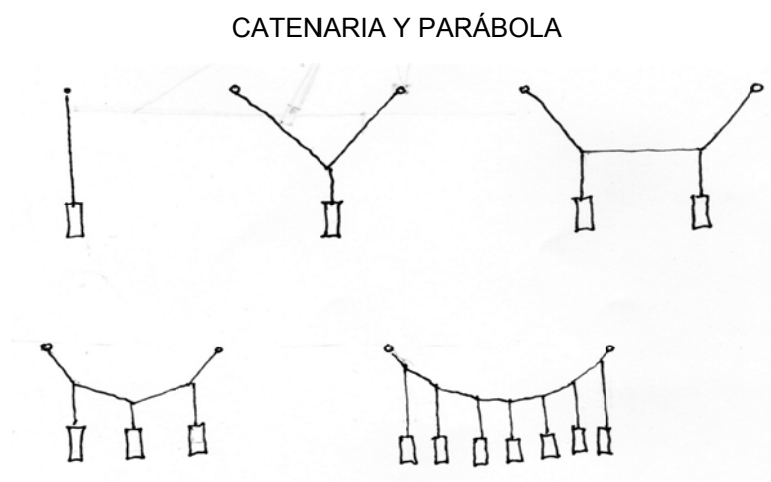
Supongamos un cable del cual se suspende un peso, el cable adopta la vertical perfecta, cualquier desviación respecto a este estado de equilibrio puro, se corrige por oscilación pendular hasta encontrar el equilibrio. Por ejemplo un ascensor o la plomada del albañil.

Tomemos ahora un cable tendido entre dos anclajes, más largo que la distancia horizontal, de manera que puede tomar forma. Sigamos el gráfico:

Uno. Si suspendemos un único peso en el centro de nuestro cable, éste tomará forma de V.

Dos Si suspendemos dos pesos equidistantes del centro de nuestro cable, éste tomará forma de V con un tramo horizontal en el centro.

Tres. Agreguemos otro peso al centro y el tramo horizontal tendrá un pico hacia abajo.



29 – Esquemas de tensor, catenaria y parábola

Varios. Sigamos agregando pesos a nuestro modelo y veremos cómo el cable adopta la forma de una curva característica, facetada según la cantidad de pesos involucrados. Si repartimos la carga y hacemos los tramos entre cargas, infinitesimalmente pequeños, obtenemos obtendremos la curva ideal para ésta repartición de cargas.

Si la carga está uniformemente repartida a lo largo del eje de la estructura, siguiendo su desarrollo, obtenemos una curva llamada *catenaria*. Término que alude a cadena, y es la forma que efectivamente adopta una cadena tendida entre dos amures. Si la carga está uniformemente repartida a lo largo del eje x la curva más eficiente será la parábola. Ésta es la



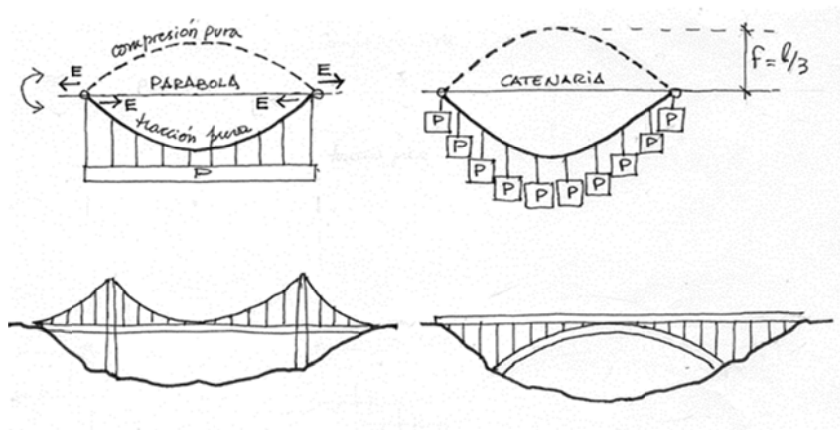
forma de la mayoría de los puentes suspendidos donde el peso del elemento estructural (cable) es despreciable respecto al peso uniforme horizontal de la calzada.

## Funicular y antifunicular de cargas

Este principio someramente expuesto se llama *funicular de cargas* y para modelos a tracción compone la forma correcta (aquella que sólo produce tracción simple) para un sistema de cargas dado. El funicular es la forma que adopta el cable frente a un conjunto particular de cargas.

Espejando esta forma respecto a la horizontal obtenemos un arco, el *antifunicular de cargas*; es la más apta de trabajo a la compresión para la misma carga.

### FUNICULAR Y ANTIFUNICULAR



30 - Funicular y Antifunicular de Cargas

### MODELOS DE A. GAUDÍ



31 - Método de Antonio Gaudí

Es interesante observar que este método explicita cómo tracción y compresión tienen un comportamiento exactamente inverso ya que sus tipologías nacen de acciones opuestas respecto a la gravedad.

Gaudí utilizaba éste método: construía modelos de hilo y tela (trabajando a tracción) y pesos de arena (funicular de cargas) para darle la forma adecuada a las complejas estructuras de capillas e iglesias, que luego construía en piedra, a compresión pura (antifunicular). A través de un espejo podía observar el interior del espacio generado.

## **Recorrido de cargas, montaje de obra**

Imaginarnos el proceso de montaje de una estructura nos sirve para deducir qué parte sostiene y cuál es sostenida. La fotografía de época muestra el proceso de construcción del Puente de Brooklyn.

PUENTE DE BROOKLYN



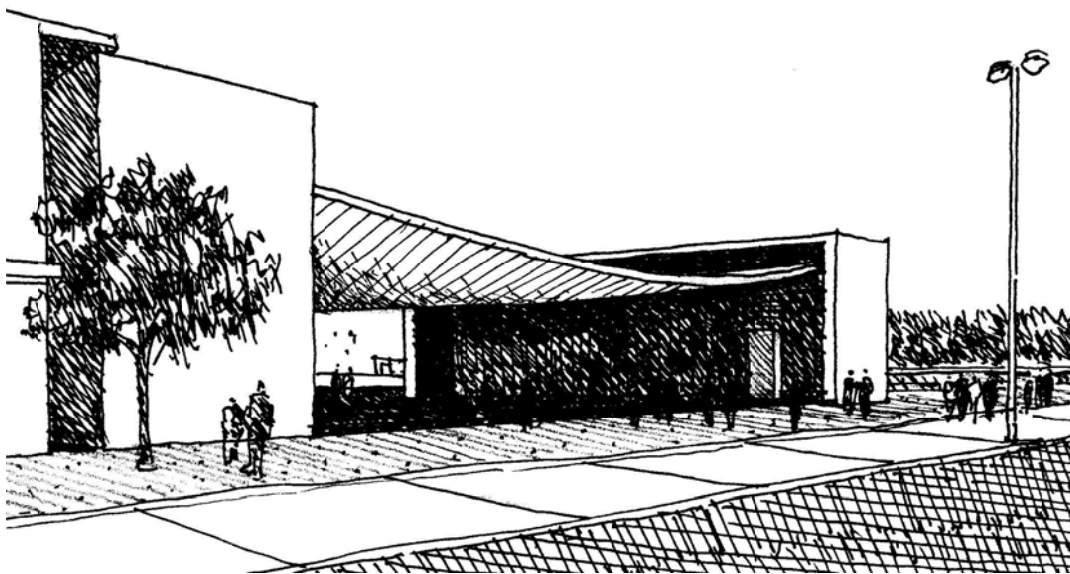
**32** - Parábola. Proceso de montaje del Puente de Brooklyn. Fotografía de época.

Vemos los pilares metálicos hincados en el río (con un basamento de hormigón donde entran en contacto con el agua), de estos penden cuatro grandes manojos de cables con forma (catenaria en éste momento en que tiene sólo el peso propio y parabólica como resultado final cuando esté suspendida la calzada). De los cables cuelgan tensores verticales y de éstos se está colgando la calzada, aun inconclusa al momento de tomarse la fotografía.

El recorrido de las cargas es exactamente el inverso: calzada horizontal, tensores verticales, cables parabólicos, pilares verticales, fundación de hormigón en el lecho del río.

Recordemos lo que sucedía con el arco y el problema de retener el empuje lateral, en las estructuras colgadas el inconveniente es contrarrestar la componente horizontal de la tracción de los cables, que por añadidura se encuentra a gran altura. En el Puente de Brooklyn podemos observar cómo este componente horizontal se traslada a tierra prolongando los cables en dos curvas simétricas, de media parábola. Debemos tener en cuenta que este anclaje estará sometido a enorme tracción horizontal, lo que significa un fuerte requerimiento estructural a las fundaciones y al terreno de cada punta del puente.

### CATENARIA PABELLÓN DE PORTUGAL PARA EXPO LISBOA, 1998, ALVARO SIZA



**33** - Catenaria: Pabellón de Portugal para Expo Lisboa, 1998, Alvaro Siza

El Pabellón de Portugal de Alvaro Siza para Expo Lisboa realizada en 1998, es un muy bello ejemplo de la utilización de una estructura a tracción pura con forma de catenaria. La estructura es aquí una serie de cables trabajando a tracción que son a su vez la armadura de una lámina de hormigón, lo que resulta una lámina de hormigón armado trabajando enteramente a tracción. Como es evidente, la carga del hormigón se encuentra uniformemente repartida a lo largo del desarrollo de la catenaria.

El espacio cubierto es una gran plaza pública libre de apoyos, con una cubierta que por su sencillez resulta etérea y liviana. La tracción horizontal en los anclajes es tomada por dos grandes cajas de hormigón armado, con costillas planas perpendiculares a la fuerza aplicada. Tanto la forma de la cubierta, como la solidez y opacidad de las cajas laterales, son la expresión limpia y directa de una decisión única: espacial y de sostén.

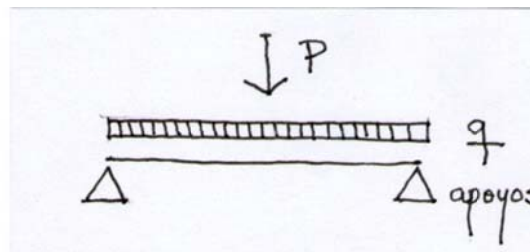
## II.1.5. Flexión

### Concepto de flexión

La *flexión* es un estado de tensión compuesto: encontraremos compresión y tracción de manera simultánea en caras opuestas de un mismo cuerpo.

El caso prototípico de un cuerpo sometido a flexión es la viga. Una viga básica es un elemento estructural que cubre una distancia entre apoyos, a esta distancia la llamaremos *luz* ( $l$ ). A su vez la viga recibirá *carga*, la aplicación de una fuerza  $P$  (que podrá ser también repartida  $q$ , pero comenzaremos con la más sencilla, una fuerza puntual y centrada). La viga se esquematiza como una recta sin espesor y los apoyos como triángulos.

#### FLEXIÓN



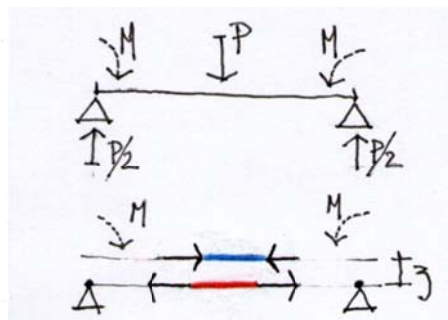
34 - Viga sometida a flexión

Las fuerzas actuantes serán  $P$  y la reacción de los apoyos,  $A$  y  $B$ . Como el cuerpo está en equilibrio la sumatoria de fuerzas en  $y$  será cero, entonces  $A + B$  será igual a  $P$ .

Tenemos entonces que la flexión se da cuando las fuerzas actuantes lo hacen de manera excéntrica, no comparten un eje común como sí lo hacían los esfuerzos simples, las fuerzas actúan en ejes distanciados entre sí.

La flexión esta caracterizada esencialmente por fuerzas en relación a distancias, lo que da origen a un nuevo concepto que vincula a ambos: el momento, es decir, la fuerza por distancia.

#### MOMENTO



35 - Momento es fuerza por distancia

## Momento

Como la aplicación usual de una fuerza con un brazo de palanca da como resultado el giro de la pieza se lo llama también *momento rotatorio* y como tal tiene un sentido (horario u antihorario). Es el efecto que producimos al rotar una tuerca con una llave francesa: la mano tira de la llave, la llave hace de brazo de palanca y como consecuencia la tuerca rota sobre su eje.

$$\text{Momento } M = F * d \text{ Fuerza * distancia} = [ \text{Tm} ]$$

Podemos observar que a mayor  $P$  mayor momento y a mayor distancia  $l$  también se incrementa el momento linealmente.

Para que la pieza no gire deberá existir un equilibrio de momentos para todo punto. Para que exista equilibrio rotatorio la sumatoria de los momentos debe dar cero.

En nuestra viga:

El momento de  $P$  respecto a  $A$  sera:  $M_p = P * l / 2$ . (horario).

Y el momento de  $B$  respecto a  $A$  sera:  $M_b = B * l$ . (antihorario).

Ambos iguales en magnitud pero opuestos en sentido de rotación.

Ahora que incorporamos la noción de momento, podremos analizar que pasa dentro de la pieza sometida a flexión. Existe un momento externo (ME) producido por la fuerza  $P$  en relación a la luz de la viga. Cada sistema de equilibrio y modo de aplicación de carga tendrá su distribución de momento, como así también momento máximo propios. Para quien resulte interesado en el momento máximo desarrollado por ésta viga, lo deducimos en las notas. El momento externo lo representamos como momento rotatorio en los puntos de apoyo, girando hacia adentro. ¿Cómo actúa este par rotatorio o momento externo? Produce un par interno de tensiones que comprime las fibras superiores y tracciona las inferiores.

La compresión y tracción del cuerpo separadas por el brazo  $z$ , produce lo que llamamos Momento Interno, que necesariamente equilibra al momento externo. Para vigas simplemente apoyadas, el momento externo está determinado por la distribución de la viga, el valor de  $P$  y la luz entre apoyos. Este será equivalente al momento interno, que involucrará a la Compresión  $C$  y Tracción  $T$  de las fibras del material por el brazo interno  $z$ .

De esta igualdad podemos deducir que las tensiones son mayores cuanto menor sea  $z$  (brazo interno de la viga). Y observar que en una viga, que normalmente tiene una proporción de una luz (expresada en metros) diez o más veces más grande que su altura (expresada en cm), los esfuerzos internos producidos por  $P$  se verán magnificados. Efectivamente, la flexión desarrolla grandes tensiones internas para cargas poco significativas en esfuerzos simples. Un puntal de madera de 10 x 10cm, usual en la obra, soporta a la compresión de media tonelada de peso (medio tanque de agua de 1000 lts), pero si acostamos el mismo puntal entre dos apoyos distantes por ejemplo 2,40m y lo cargamos al centro obtendremos prontamente astillas para el asado.

## Deformada

Avanzaremos guiándonos del consejo de Torroja: “imaginar la estructura deformándose es la mejor manera de intuir el estado de tensión del sólido y hallar la forma en la que el material puede fallar”.

La deformación debida a la flexión es mucho más apreciable que la debida a esfuerzos de compresión o tracción. Todos estamos familiarizados con los movimientos de las ramas de los árboles y éstas no hacen más que trabajar a flexión cuando el viento las sopla o un niño se sube a sus ramas.

En éste sentido la intuición de la deformación de una viga frente a un sistema de apoyo y carga no nos resulta ajena. Pero nos será útil reforzarla a través de un modelo de viga, con el que podremos hacer tangible su deformación, experimentar sus variantes, observar con detenimiento y poder dibujar su deformación.

El gráfico de la deformación de la viga a flexión se llama *deformada* y es una herramienta conceptual muy importante para la comprensión de la flexión.

Analicemos ahora los tipos y condiciones de apoyo de una viga.

## Tipos de apoyo

Para que un cuerpo esté en equilibrio la sumatoria de fuerzas debe ser cero en todas sus direcciones, para una estructura plana tendremos: sumatoria en  $xx = 0$ ; y sumatoria en  $yy = 0$ . Y la sumatoria de momento rotatorio debe ser también cero. Usualmente se llama *grados de libertad* a cada uno de éstos. Un cuerpo tendrá entonces tres grados de libertad: vertical, horizontal y rotatoria, (el cuarto grado de libertad sería en el eje  $zz$  que suponemos restringida). Si restringimos éstos tres grados de libertad el cuerpo no podrá moverse.

Los *apoyos* se clasifican en tres según cuántos grados de libertad restringen.

El apoyo simple: restringe los movimientos en vertical,  $yy$ . Ej: un libro sobre la mesa, un tirante sobre un muro de ladrillos.

El apoyo articulado: restringe los movimientos en vertical,  $yy$ , y en horizontal  $xx$ . Tener en cuenta que éste apoyo está diseñado para permitir intencionalmente la rotación. Tienen un eje sobre el cual rotan las piezas que conforman la rótula, es usual en grandes estructuras, puentes o los clásicos apoyos de los arcos en las terminales ferroviarias. Una bisagra es un ejemplo cotidiano de un apoyo articulado.

Empotramiento: este apoyo restringe los tres grados de libertad: los movimientos en vertical,  $yy$ ; en horizontal  $xx$ ; y la rotación. Ej: una ménsula amurada a la pared, un escalón en voladizo emergiendo de un muro. Este apoyo es el único que transmite momento rotatorio, o sea produce flexión en el elemento que amura.

## Condiciones de apoyo

Las *condiciones de apoyo* de una viga condicionan la distribución de las tensiones internas y por lo tanto su deformación.



Viga simple: una viga tendida entre dos apoyos

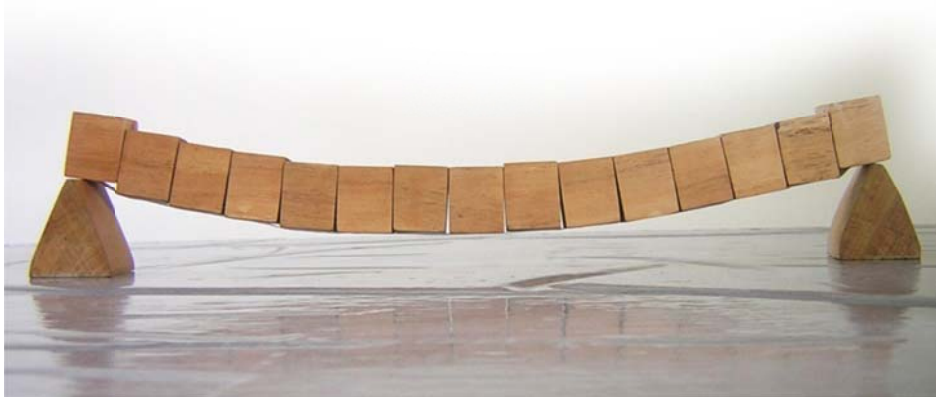
Las vigas además de cubrir un tramo entre apoyos pueden avanzar sobre el vacío dejando por detrás el apoyo, a éste tramo lo llamamos voladizo.

Vigas continuas: dos o más vigas que comparten apoyos entre sí. Las vigas continuas se deforman diferente que dos vigas simples una a continuación de la otra. Se transmiten momento, podemos analizarlas (también lo podremos observar) que se comportan como si estuvieran empotradas en el apoyo que les da continuidad.

## Modelo de viga: *gusanito*

Construyamos un modelo pedagógico de viga, bautizado alegremente por nuestros alumnos como *gusanito*.

“EL GUSANITO”



36 - Modelo pedagógico de Viga: “El Gusanito”

El modelo lo construimos con madera y cinta de papel. Unos 20 cubos de madera de 2 x 2 x 2 cm conforman un agrupamiento lineal que por sí mismo resiste a la compresión (podemos construir con ellos por ejemplo: una columna) pero no resisten la tracción ya que se separan. La cinta de papel, en cambio resiste a la tracción y se tensa, pero no resiste a la compresión ya que se arruga. Los cubos de madera se encintarán arriba y debajo manteniendo una distancia pareja de un milímetro entre piezas (unos recortes de cartón nos servirán para el montaje). Unos apoyos triangulares de madera completarán nuestro modelo.

Cuando el gusanito esté apoyado funcionando como viga, los cubos de madera se pondrán en contacto trabajando solo a la compresión (la cinta no trabaja). En la cara opuesta se separarán (no trabajan) y la cinta se tensará, trabajando a la tracción.

Atención: el modelo sirve para observar la deformación de un elemento estructural recto, no curvo. Normalmente la flecha admisible en una viga es del orden de  $1/300$ , es imperceptible a la vista. Aquí la haremos explícita, pero las deformaciones del mismo deben ser limitadas, (en ningún caso tocará la mesa de trabajo, si fuera así rehacer el modelo achicando la separación entre piezas).

## Tipos estructurales a flexión

Recomendamos explorar con el modelo las siguientes los tipos y condiciones de apoyo de una viga:

**A.** Con el gusanito reproducir la condición de apoyo propuesta. Como los cubitos de madera tienen peso propio el modelo representa una viga con carga uniformemente repartida. Debemos observar la deformación del conjunto, y observar los espacios entre piezas (triangulitos de luz). Una vez encontrado el equilibrio quitar la cinta en donde no sea imprescindible para que no se desarme el modelo, donde no esté trabajando a tracción.

**B.** Modelo deformado: Dibujar el modelo tal como se ve, con la mayor precisión posible (viga con espesor).

**C.** Deformada: Abstraiga el esquema de deformación (línea sin espesor) Identifique los puntos de inflexión y cambio de curvatura (los esfuerzos se invierten), identifique los sectores de mayor curvatura (mayor esfuerzo). Continuidad de vigas, inversión de esfuerzos

**D.** Esfuerzos internos: Observe el comportamiento del modelo, en la cara superior e inferior , y deduzca los tramos en los que hay tracción o compresión

Tracción: Acordaremos representarla con rojo ya que es la tensión más peligrosa. Los cubos se separan la cinta se tensa.

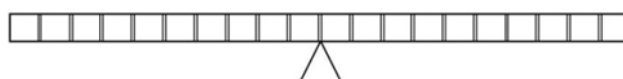
Compresión: La representaremos con azul. Los cubos se juntan hasta tocarse, la cinta se pliega.

**E.** Armadura: Diseñar la correcta posición de la armadura principal de acero en una viga de Hormigón Armado sometida a éste requerimiento. Donde la tracción es tomada por el acero y la compresión por el hormigón.

### 1. Viga con apoyos en sus extremos



### 2. Viga con un apoyo central, doble voladizo



### 3. Viga empotrada, en voladizo



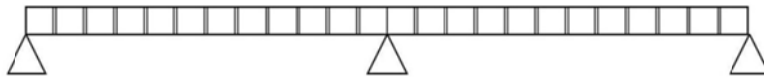
4. **Viga con voladizo**



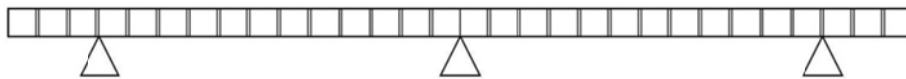
5. **Viga con doble voladizo**



6. **Vigas continuas.**



7. **Vigas continuas, con voladizos.**



37 - Tipos y condiciones de apoyo de vigas

**Cómo interpretar la deformada**

El esquema de deformada será una herramienta muy útil para interpretar qué sucede dentro de la viga, cuál es el estado real de tensión. Tengamos en cuenta que la viga se deformará de manera continua a lo largo de su eje y no de a tramos como lo hace en el modelo.

“EL GUSANITO”



38 – Deformación del *gusanito*.

Sabemos que hay compresión cuando las fibras se acortan y tracción si las fibras se alargan. Siguiendo la Teoría de la Elasticidad: un cuerpo sometido a tensión se deforma proporcionalmente al esfuerzo ejercido. Por lo tanto:

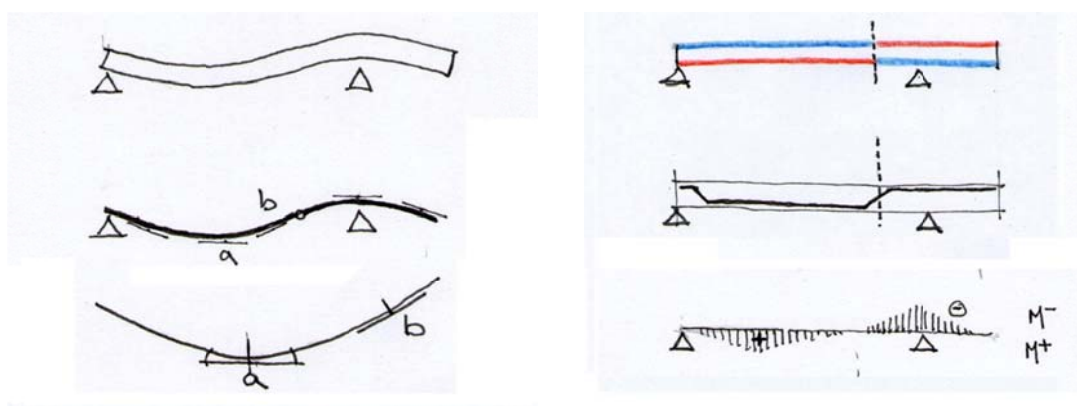
A mayor deformación, mayor esfuerzo.

A deformación nula, esfuerzo nulo. Eje neutro (xx).

El eje central de la viga xx no se deforma, su largo permanece constante, es el largo de la viga y la viga no varía su largo, si no estaría traccionada o comprimida. La cara externa de viga se acorta en su cara cóncava y se alarga en su cara convexa, justamente éstos cambios de longitud generan la curvatura.

El primer gran indicio que observaremos de la deformada es que algunas veces se da que la concavidad está hacia arriba (como una sonrisa). Este es el caso de una viga simple entre dos apoyos (ej:1). Aquí tendremos acortamiento de las fibras superiores arriba, por ende compresión arriba; y alargamiento de las fibras inferiores abajo, tracción abajo. Por convención y como este es el caso más usual, lo llamaremos momento positivo:  $M+$ .

#### DEFORMACION



**39** – Esquemas de deformación, distribución de tensiones, armaduras y diagrama de momentos

Otras veces, por ejemplo una viga con un apoyo central, (ej:2). (el juego de la plaza: sube y baja) (también en los voladizos ej: 3) la concavidad estará hacia abajo, las fibras inferiores se acortan por lo tanto hay compresión; y las superiores se alargan donde hallamos tracción. Por convención lo llamaremos momento negativo:  $M-$ .

Cuando ambas curvaturas se dan en la misma viga tendremos un punto de transición entre curvaturas es el punto de Inflexión. Si observamos la deformada con detenimiento, vemos que a medida que nos acercamos a este punto las curvaturas relativas (deformación relativa respecto a la tangente a la curva) van disminuyendo poco a poco, hasta hacerse plana, y luego comenzar a deformarse de manera creciente hacia la otra curvatura. Hay un punto infinitesimal

don de la curva se hace recta, este es el punto de inflexión y allí como no hay deformación alguna, las fibras de la viga no están tensionadas, el momento es cero.

El cambio de curvatura se da por ejemplo en una viga con voladizo. (ej:4) y es importante que observemos que el punto de inflexión no coincide con el apoyo próximo al voladizo sino que está desplazado hacia el interior del tramo. Interpretemos lo observado: el voladizo tiene concavidad hacia abajo, momento negativo (tal como si estuviera empotrado) el momento negativo se continúa en el tramo hasta el punto de inflexión. Es el anclaje del voladizo, el cambio de curvatura y la existencia de un tramo de momento negativo es lo que permite a la viga soportar el voladizo (esta es la razón por la que los balcones llevan la armadura arriba, que deben anclarse, prolongarse arriba un tramo, en la losa contigua). También podremos observar que de ésta manera el tramo con momento positivo queda disminuido en largo e intensidad, de echo una viga con doble voladizo (ej: 5) es mucho más resistente que la misma viga apoyada en sus extremos (por ello los bancos de asiento largos tienen sus apoyos desplazados hacia el interior 1/5 de la luz).

Cuando tenemos vigas continuas (ej: 6, ej: 7) tendremos inversión de esfuerzos, con un doble punto de inflexión acompañando el apoyo central y una cresta con momento negativo. (lugar donde se ponen los caballetes o perchas en el hormigón) Si analizamos cada viga podremos ver que la deformación es la misma que tendría si el apoyo compartido fuera reemplazado por un empotramiento.

Tomemos nuevamente el caso de una viga simple entre dos apoyos (ej:1). profundizando aún más el análisis de la curva podemos ver que la deformada no es en arco de circunferencia (que tendría una curvatura constante) sino un arco de parábola y tiene curvatura variable. No confundir curvatura con distancia a la horizontal, la curvatura es, en términos automovilísticos, cuánto de cerrada es la curva. Entonces, la curva se separa más de tangente en el centro donde tiene mayor curvatura o sea mayor deformación relativa y mayor momento; que en un punto cercano a los apoyos, donde la curvatura es menor, menor deformación relativa y menor momento. Podemos detectar entonces no sólo el tipo de esfuerzos sino también detectar los lugares de mayor y menor intensidad de los mismos.

## **Distribución de tensiones**

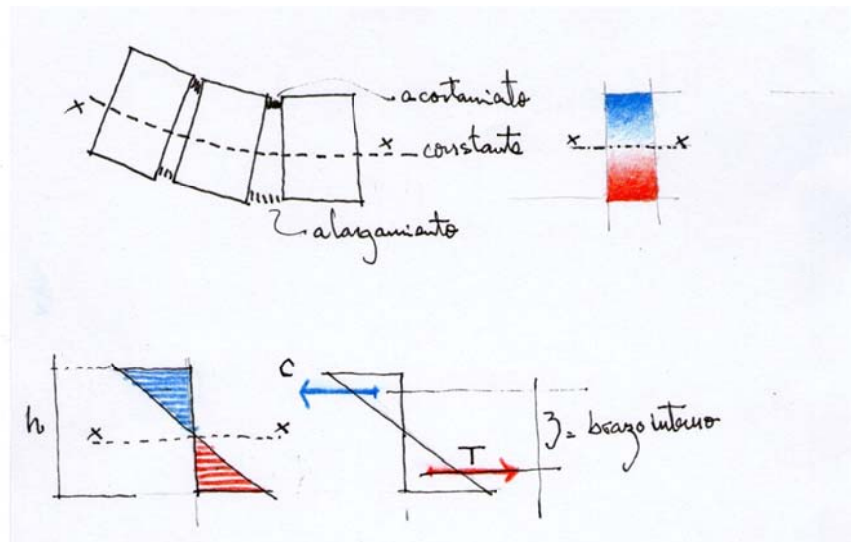
¿Cómo es la distribución de las tensiones internas en la sección de la viga rectangular trabajando a flexión?

Si analizamos un pequeño tramo de sección, una rodaja muy finita de viga sometida a flexión tendremos que el centro de la misma, que corresponde al eje xx de la viga, se mantiene sin deformación, y a mediada que nos alejamos del eje la deformación se hace más pronunciada hasta llegar a la máxima deformación en la fibra más alejada del eje. La deformación, tanto por acortamiento de las fibras o por alargamiento será más intensa cuanto más nos alejemos del eje, por lo tanto también lo serán los esfuerzos de compresión y tracción involucrados.

El incremento de la intensidad de tensiones se hace de manera lineal a la distancia al eje, de manera que si representamos intensidad de esfuerzo en relación a su distancia al eje obtendremos el gráfico de una recta que deja dos triángulos de sentido opuesto. La superficie de los triángulos representan la tensión a compresión y la tensión a tracción (fuerza /superficie). Como sabemos la superficie del triángulo y conocemos las tensiones involucradas podemos despejar la fuerza actuante, que llamaremos  $FC$  y  $FT$ . Estas fuerzas son la sumatoria de intensidad de tensión (variable) por superficie involucrada. Las fuerzas  $FC$  y  $FT$ , serán el par interno resistente y tienen su punto de aplicación en el centro geométrico de cada triángulo, que se encuentra a  $1/3$  de altura del mismo. La distancia entre  $FC$  y  $FT$ , que llamaremos  $z$ , *brazo interno*, será entonces  $2/3$  de la altura total de la viga.

Tanto  $FC \times z$  como  $FT \times z$  serán iguales al momento interno, y para que el cuerpo se encuentre en equilibrio equivalentes al momento externo.

### DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES



40 – Esquema de distribución de tensiones internas

Podemos obtener algunas conclusiones.

Es importante la altura de la viga y por consiguiente  $z$ : las fibras más solicitadas son las que se encuentran más alejadas del eje neutro ( $xx$ ) que se mantiene con tensión cero, siempre las fibras críticas son las externas. Si una viga a flexión rompe lo hace de las caras externas hacia adentro.

El momento resistente de la viga a flexión está dada por la sumatoria de tensiones representada en el triángulo de tensiones. El valor de  $z$  es siempre menor que la altura de la viga  $h$ . Si aumenta la sollicitación aumenta la inclinación de la hipotenusa del triángulo pero  $z$  se mantiene constante.

Par resistente: la sumatoria de las tensiones es equivalente a una fuerza  $C$  y  $T$  aplicada en el baricentro del triángulo. Y el Momento Interno =  $T \times z = C \times z$ ; que será a su vez igual al Momento Externo.



## Momento de inercia y momento resistente W

Hemos trabajado hasta ahora con una viga de sección rectangular, pero si pudiéramos variar la forma ¿cómo incide la sección de la viga en su capacidad resistente? Está implícita la necesidad de diseñar la sección de la viga para que con el mismo material, la misma luz entre apoyos, sea más resistente, o sea soporte más carga.

El momento *resistente*  $W$ , es la capacidad de resistir momento (esfuerzos a flexión) de una sección determinada.

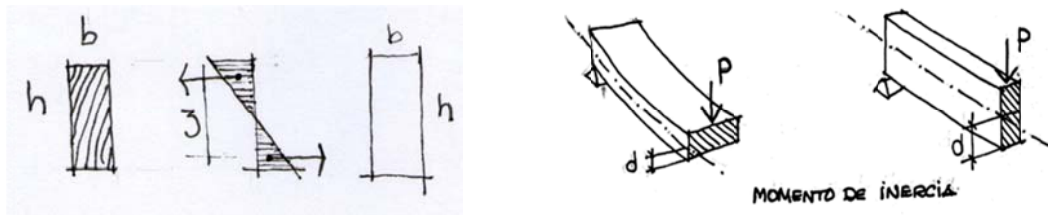
Y es la sumatoria del aporte, para cada parte infinitesimal de la sección, de la superficie por el cuadrado de su distancia al eje neutro. Esta sumatoria se resuelve con una integral para cada caso particular de sección y da como resultado una fórmula sencilla aplicable para las secciones geométricas más usuales.

Para el caso de una sección rectangular por ejemplo es  $W = b \cdot h^3 / 6$ .

Tenemos que la misma superficie tiene mucha más incidencia cuanto más alejada esté del eje (es proporcional al cuadrado de ésta longitud).

Con el aumento de la altura de la viga aumenta el brazo resistente, no es así con el aumento del ancho de la viga. Ej: una regla.

Resistencia  $h^2$ ,  $b$  lineal



41 - Momento de inercia y momento resistente W

## Corte

Es el estado de tensión en el cual las partículas del material se deslizan entre sí.

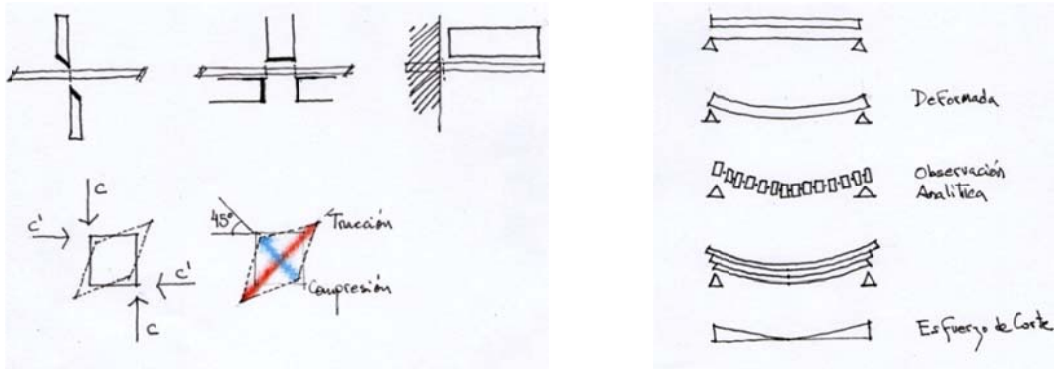
C: dos fuerzas principales paralelas de igual magnitud y sentido opuesto actúan sobre los planos de deslizamiento.

C' : el corte induce el deslizamiento en dos planos perpendiculares 90°. Fuerzas derivadas por equilibrio rotacional.

Combinados deforman el paralelepípedo y producen esfuerzos de tracción y compresión a 45°.

Deformación del paralelepípedo: tracción y compresión a 90° entre sí y a 45° respecto a las fuerzas principales.

## CORTE



### 42 – Esfuerzo de corte

Para poder visualizar el corte: imaginar el sólido sometido a flexión como un cuerpo compuesto por segmentos. En segmentos transversales vemos el desplazamiento vertical entre piezas que aumenta desde cero en el centro y crece a medida que nos acercamos a los apoyos. En segmentos longitudinales, (como las hojas de un libro): observamos que, como en el caso anterior, el desplazamiento entre las partes es mayor a medida que nos alejamos del centro de la viga.

El deslizamiento entre partes nos grafica el esfuerzo de corte. El esfuerzo es resistido entonces por las diagonales a  $45^\circ$ .

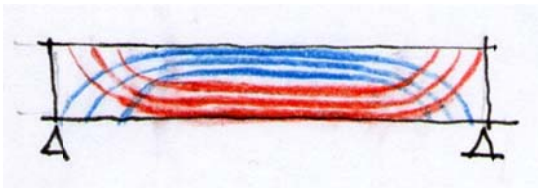
En las vigas a flexión, el corte se intensifica cerca de los apoyos y requiere al sólido con esfuerzos a tracción a  $45^\circ$  ascendentes hacia arriba del apoyo.

## Isostática

Los análisis que hemos hecho hasta aquí explican el comportamiento de las vigas a flexión de modo conceptual y es valido para los tramos centrales. Debemos sumar a ello el fenómeno del corte cerca de los apoyos

La *isostática* es la representación de las curvas de igual tensión (compresión y tracción). Con ella tenemos una idea del fenómeno tensional completo. Con el color representamos el tipo de esfuerzo, con el ancho de trazo, la intensidad del mismo.

## ISOSTÁTICA



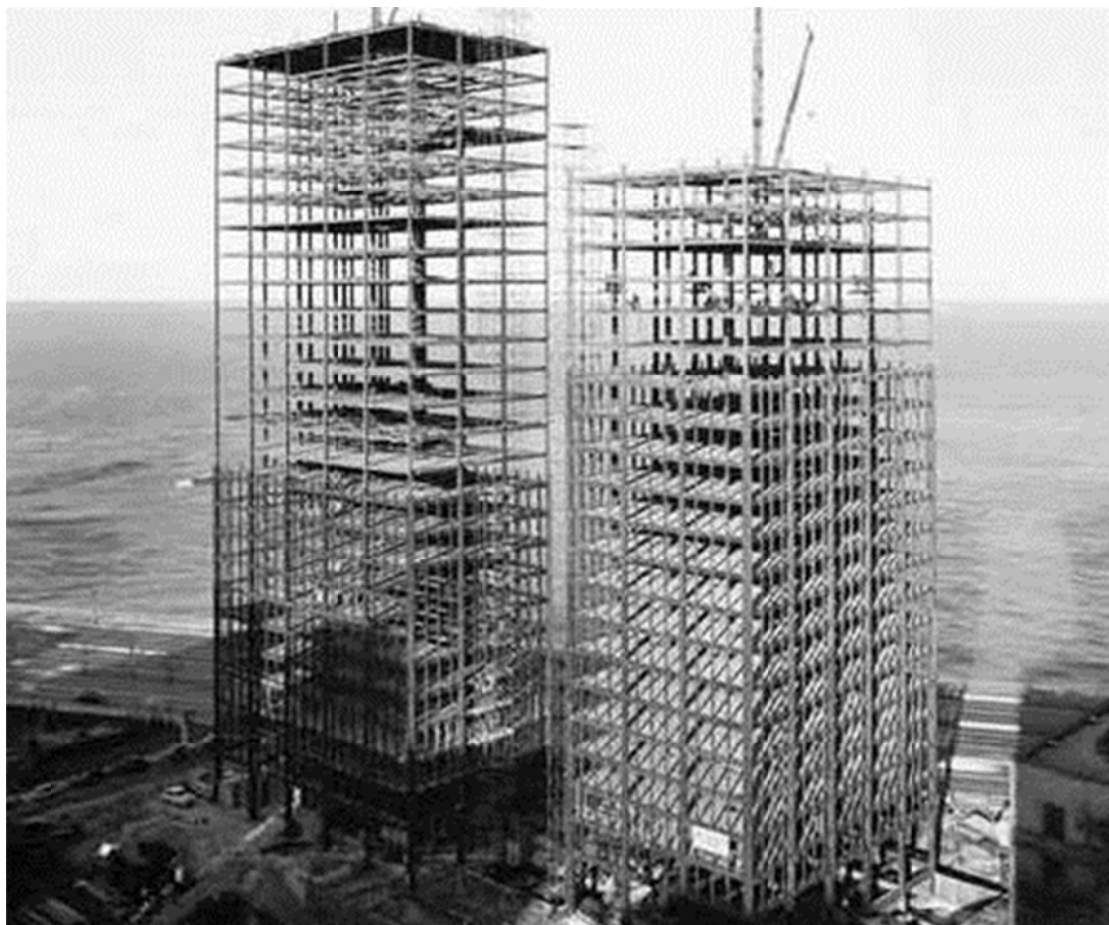
### 43 – Isostáticas de tracción y compresión

Podemos ver que la mayor tensión se produce en el tramo central, y es la que produce la rotura del material, tal como vemos en la fotografía de ensayo de una viga de hormigón a flexión. Rotura por grietas: tracción y rotura por fragmentación del material: compresión. Ello corresponde con lo observado en la deformada.

También podemos observar cómo se curvan las líneas de tensión, en promedio cercanas a los  $45^\circ$ , son las tensiones que analizamos asociadas al corte. Vemos a su vez que las tensiones de corte son de intensidad menor a las tensiones principales de la flexión.

Con la comprensión conceptual y gráfica, pretendemos una familiarización y comprensión general previa al desarrollo analítico propio de la materia estructuras, y un conocimiento estructural que apoye la intuición del fenómeno tensional.

La mayor superficie construida en el mundo es por entramado de losas y vigas a flexión.



**44** - Edificios Lake Shore Drive (en Construcción) – Mies van de Rohe

## II.2. Caja muraria y grilla estructural

### ARGUMENTO

Sintetizan *Sostener*, *Cerrar* y *Construir* con una lógica tejida por su condición material; perdurando como tipos arquitectónicos objetivos, más allá de su referencia histórica.

Veamos cómo se entrelazan sus condicionamientos con las lógicas proyectuales; haciendo la salvedad de que, lejos de menoscabar la creatividad, la potencian

### CAJA MURARIA

#### Condicionamientos técnicos

La *caja muraria* desarrolla sus características constructivas a través de cuatro parámetros:

APTITUD DEL MATERIAL: compresión / DISTRIBUCION DE LA CARGA: repartida

ARROSTRAMIENTO: efecto *caja* / PROCESO CONSTRUCTIVO: unificado

#### Lógica proyectual

Yuxtaposición de recintos autónomos en torno de articulaciones (halles, patios, galerías) con una lógica bilateral o perimetral de los apoyos como estructura; y una yuxtaposición concatenada de recintos como función.

### DE LA CAJA A LA GRILLA

#### Evolución

La sociedad industrial demanda una mayor amplitud del espacio, de apertura y de luz. Grandes aglomeraciones sociales, de materias primas y manufacturas, máquinas y transportes coinciden con la producción de hierro y la aplicación de investigaciones científicas.

### GRILLA ESTRUCTURAL

#### Condicionamientos técnicos

Es a partir del acero y el hormigón armado como materiales de flexión cuando es posible pensar en una radical independencia de sostén y cerramiento:

APTITUD DEL MATERIAL: flexión / DISTRIBUCION DE LA CARGA: concentrada

ARROSTRAMIENTO: monolitismo / PROCESO CONSTRUCTIVO: independiente

#### Lógica proyectual

La caja muraria afirmaba la autonomía de cada espacio en sí mismo; en cambio, la grilla rompe la compartimentación de la caja y la férrea lógica muraria; al concentrar la carga en puntos de una grilla y liberar a la planta en todas direcciones, hace posible la continuidad y expansión multidireccional de la planta

## II.2.1. Caja muraria

### Dos Sistematizaciones

Vamos a analizar ahora cómo juegan los condicionamientos técnicos en la conformación de dos “sistemas completos de arquitectura”, las denominadas **caja muraria** y **grilla estructural**. Al calificarlos de esta manera, intentamos expresar que ellas representan algo más que un esquema estructural; ambas sintetizan sus criterios de *sostén*, *cierre* y *constructivo* con una lógica tejida por su condición material. Mediante una serie de características constructivas, espaciales y formales derivadas de esa lógica común, perduran en el tiempo como tipos arquitectónicos objetivos, más allá de su referencia histórica.

Cómo se entrelazan los condicionamientos técnico-constructivos con las lógicas proyectuales respectivas será entonces el objetivo de nuestra búsqueda, haciendo la salvedad de que los condicionamientos técnicos, lejos de menoscabar la creatividad, la potencian.

### Condicionamientos técnicos

A partir de los condicionamientos que le impone el mampuesto (material de compresión), su ejecución (el simple apilamiento manual) y su forma constructiva primaria, el “muro de carga” (típicos de casi toda la arquitectura tradicional), la caja muraria desarrolla sus principales características constructivas, que analizaremos a través de cuatro parámetros:

#### Aptitud del material

Los mampuestos deben ser sometidos solo a compresión, adheridos mediante colchón de mezcla y trabados entre sí para repartir uniformemente la carga.

#### Distribución de la carga

En el muro de carga cada mampuesto debe cumplir con su cuota-parte de resistencia estructural, repartiendo la carga a la fundación a lo largo de líneas de apoyo más o menos continuas, y respetar un eje vertical (gravedad) en la descarga a tierra para impedir la flexión del muro.

#### Arrostramiento horizontal

Para contrarrestar cargas horizontales (que someterían el muro a flexión), se debe buscar la colaboración de todo el conjunto murario trabando los muros perpendiculares entre sí para que trabajen solidariamente como una caja (de allí su nombre, caja muraria).

#### Proceso constructivo

El aprovechamiento del material de los muros por su capacidad aislante, la continuidad exigible al muro de carga, la trabazón de muros ortogonales para configurar la caja muraria, su ejecución como obra húmeda, etc., constituyen un proceso constructivo unificado de la estruc-

tura y del cerramiento, donde las medidas del mampuesto se convierten en la referencia necesaria para dimensionar y modular prácticamente toda la obra.

#### APTITUD DEL MATERIAL:

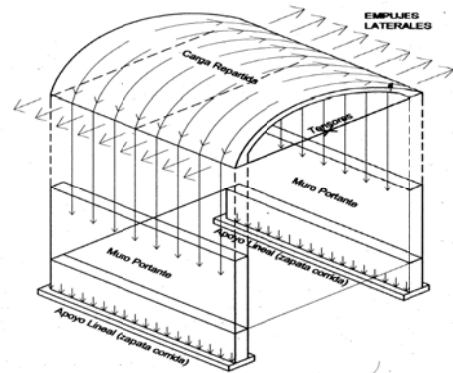
##### Compresión



1 – Usina de las Artes . Patio de acceso

#### DISTRIBUCION DE LA CARGA:

##### Repartida



2 – Esquema recorrido de cargas

#### ARROSTRAMIENTO:

##### Efecto “Caja”



3 – Chacra catamarqueña en ruinas

#### PROCESO CONSTRUCTIVO:

##### Unificado



4 – Santa Sofía - Estambul

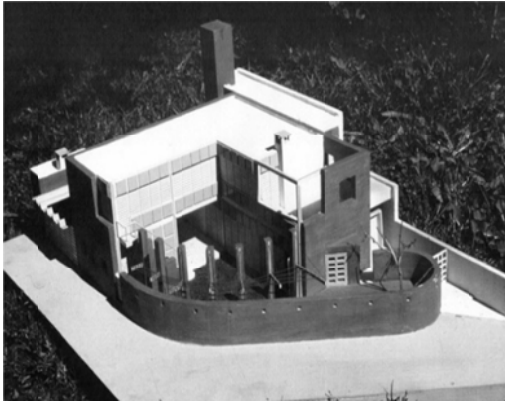
### Lógica proyectual

Siguiendo las líneas maestras de los muros de carga, se cristaliza así una sistematización completa y coherente caracterizada por la yuxtaposición de recintos autónomos en torno de articulaciones (halles, patios, galerías, ejes de circulación, etc.,) que ofician como estructuradores del proyecto, dando por resultado una sucesión de espacios compartimentados y sucesivos, una forma arquitectónica predominantemente volumétrica, fuertemente tectónica y que enfatiza la interioridad.



### LOGICA ESTRUCTURAL

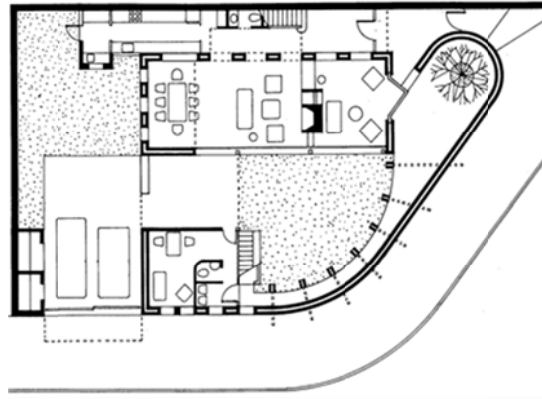
Lógica bilateral o perimetral de los apoyos



5 – Casa Ostrofsky I – maqueta

### LÓGICA FUNCIONAL

Sucesión de recintos autónomos



6 – Casa Ostrofsky I – Planta Baja

### LÓGICA ESPACIAL

Espacio compartimentado y sucesivo



7 –Casa Ostrofsky I – semicubierto

### LÓGICA FORMAL

Forma volumétrica



8 – Casa Ostrofsky - exterior

### Lógica estructural

El muro de carga determina una traza de apoyos bilaterales o perimetrales más o menos continuos, elementos fijos que condicionan tanto el armado de la planta arquitectónica como el carácter de los espacios resultantes.

### Lógica funcional

Yuxtaposición de recintos autónomos para cada función alrededor de articuladores tales como halles, circulaciones, patios, etc. que condicionan tanto el crecimiento como la flexibilidad de uso.

### Lógica espacial

Espacios compartimentados, introvertidos y sucesivos a lo largo de los articuladores mencionados.

### Lógica formal

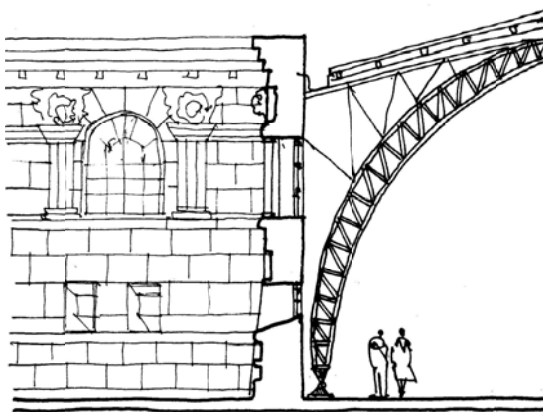
La continuidad de los muros, la restricción de aberturas, la condición de *caja*, la organización del proyecto en base a la sucesión de recintos, etc., da por resultado una imagen final volumétrica, fuertemente tectónica y que enfatiza la interioridad.

## II.2.2. De la *caja* a la *grilla*

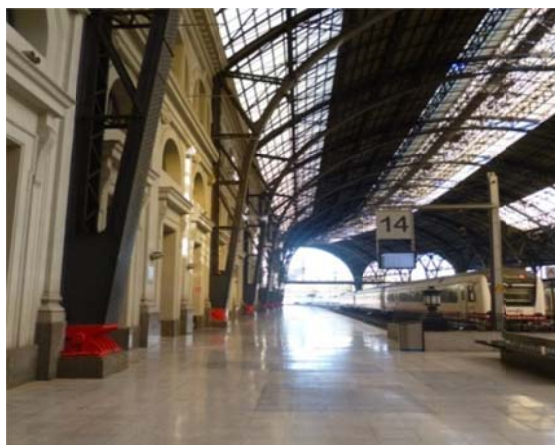
### Evolución

En una rápida revista podemos constatar una evolución progresiva que, a favor de complejos factores histórico-sociales, técnicos y culturales, ha impulsado a la Arquitectura hacia la conquista de mayores libertades ante las leyes físicas y naturales –y consecuentemente, a una mayor amplitud del espacio, de apertura y de luz–. Hacia 1750, el advenimiento de la sociedad industrial demanda nuevos espacios para su desenvolvimiento que chocan con las limitaciones de los materiales y técnicas disponibles de la sociedad medioeval (piedra, madera). Grandes aglomeraciones sociales, intercambios de materias primas y manufacturas, máquinas, herramientas, nuevos vehículos y transportes masivos buscan satisfacción a necesidades que coinciden con la producción de hierro en forma industrial y con el incipiente interés despertado por la aplicación práctica de investigaciones científicas.

Se busca aumentar la luz disminuyendo el insumo de material y peso mediante triangulación. La carga se concentra en puntos; el muro sólo conserva una función representativa



9 - Corte hipotético: Estación FF.CC.



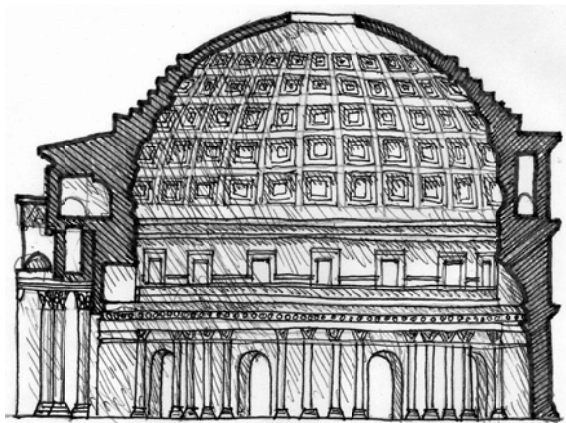
10 - Estación de FF CC "Francia"- Barcelona

Atentos a que la altura de la sección repercute significativamente en el incremento de la luz a salvar, se busca aumentarla disminuyendo al mismo tiempo el insumo de material y peso mediante la triangulación, que transforma la flexión en una combinación entre compresión y tracción. Nacen así los instrumentos de cálculo de cabriadas y reticulados de hierro, que carac-

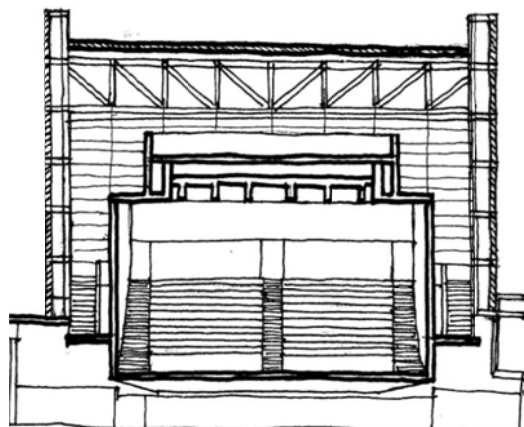
terizan las construcciones de la primera Revolución Industrial. Esto provoca la diferenciación progresiva entre estructuras principales y secundarias y la consecuente concentración significativa de la carga en pocos puntos de apoyo, liberando de compromisos portantes grandes tramos del muro de carga, que son utilizados como vanos de iluminación, accesos masivos, etc.

Progresivamente, una actitud más analítica y racional induce la descomposición del objeto arquitectónico en partes, funciones y procesos, y el conocimiento más exacto y probado de las propiedades de los materiales permite concebir al cerramiento como una asociación coordinada de distintos materiales, donde cada uno cumple eficazmente su rol, llevando a repensar la recomposición de la envolvente arquitectónica sobre nuevos fundamentos. El objeto arquitectónico es pasible entonces de ser visto como un organismo que tiende a la especialización funcional (funciones de sostén, protección, aislación, circulación, aireación, etc.), mediante el análisis de cada una de sus partes ante requerimientos específicos.

Una actitud más analítica lleva a descomponer en partes, funciones y procesos.  
El cerramiento se separa de la estructura; el edificio tiende a la especialización funcional



11 - EL PANTEON (AGRIPA)



12 - EL GRAN KURSAAL (R.MONEO)

La comparación entre los cortes del Panteón y del “Gran Kursaal” (de Rafael Moneo) es un ejemplo de esta progresiva especialización de los elementos arquitectónicos y constructivos: de la indiferenciación entre estructura y cerramiento del espeso muro cilíndrico del Panteón (donde se cumplen las funciones antedichas y las propias de la actividad ritual), hasta la compleja superposición de pieles que rodean el auditorio de Moneo, cada una cumpliendo separadamente las funciones estructurales, circulatorias, reguladoras de la luz, aislantes, acústicas, climatización, etc.

En sentido histórico, las estructuras trianguladas podrían considerarse innovaciones técnicas de transición, que si bien dieron respuesta a las grandes cubiertas de la primera etapa de la era industrial, no cubrían las necesidades de expansión en todas direcciones de la planta que la arquitectura moderna requería (fundamentalmente en altura). Es a partir de las nuevas posibilidades que abren, primero el acero y luego el hormigón armado,

cuando es posible empezar a pensar en una radical independencia de las funciones de sostén y cerramiento y, por lo tanto, de sus correspondientes sistemas constructivos que se desdoblan, constituyendo procesos “independizables” de construcción.

### **II.2.3. Grilla estructural**

#### **Condicionamientos técnicos**

La *grilla estructural* le debe al hierro como material de tracción la posibilidad de enfren-  
tar con éxito (solo o asociado con el hormigón) los desafíos de la flexión. Es a partir de las  
nuevas posibilidades que abren, primero el acero y luego el hormigón armado como mate-  
riales de flexión, cuando es factible pensar en una radical independencia de las funciones  
de sostén y cerramiento.

#### **Aptitud del Material**

La madera, el acero, el hormigón armado son materiales excelentes para trabajar a la fle-  
xión. Mediante ellos las cargas verticales pueden ser transmitidas horizontalmente por el me-  
canismo de flexión a través de vigas y losas, pórticos, etc.

#### **Distribución de la carga**

Las cargas transmitidas horizontalmente por las vigas convergen y se concentran en puntos  
de apoyo (columnas), a través de las cuales son transmitidas al suelo. Esto genera una grilla  
multidireccional de apoyos puntuales que disminuye sensiblemente la ocupación de la planta  
con apoyos masivos y permite la expansión de la planta en todas direcciones.

#### **Arrostramiento**

Tanto el monolitismo de las uniones del hormigón armado (mediante la transmisión de mo-  
mentos) como las riendas diagonales de tracción en las estructuras de acero (mediante triangu-  
lación) permiten absorber los esfuerzos horizontales a que está sometida la estructura.

#### **Proceso Constructivo**

La grilla estructural permite independizar no solo las funciones de sostén y cierre, sino tam-  
bién los respectivos procesos constructivos, realizándolos en distintos tiempos y tecnologías  
(húmedas y secas, in situ o en taller, industriales y artesanales, etc.). De la misma manera, las  
modulaciones respectivas pueden ser coordinadas como módulos y sub-módulos o ser comple-  
tamente independientes.

#### APTITUD DEL MATERIAL:

**Flexión**



**13** – Construcción en acero

#### DISTRIBUCION DE LA CARGA:

**Concentrada**



**14** – Subsuelo cocheras

#### ARRIOSTRAMIENTO:

**Monolitismo en las uniones**



**15** – Planta baja libre – “Unité” de Marsella

#### PROCESO CONSTRUCTIVO:

**Independiente**



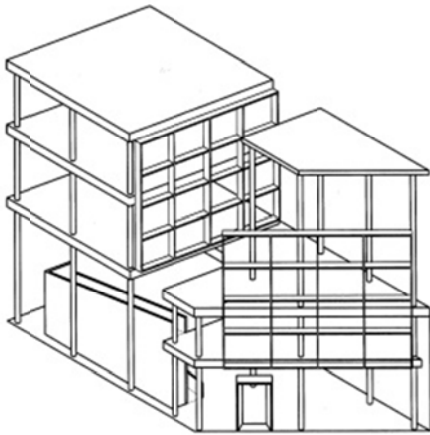
**16** – Envolverte industrializada

### Lógica proyectual

En la arquitectura tradicional, la caja muraria afirmaba la autonomía de cada espacio en sí mismo. La *grilla estructural*, en cambio, rompe tanto la compartimentación de esta como la férrea lógica unidireccional del muro de carga, haciendo posible la continuidad y expansión multidireccional de la planta. Esta posibilidad –en verdad, revolucionaria– de concentrar la carga en puntos de una grilla ortogonal y liberar así de límites estructurales a la planta en todas direcciones, sintetiza para la Modernidad un nuevo programa completo de arquitectura, que Le Corbusier sintetizó en los famosos *5 puntos de la arquitectura funcional*, simbolizando en ellos las posibilidades funcionales, espaciales y formales que abría la nueva concepción: la columna libre en el espacio; la Independencia del esqueleto y del muro; el plan libre; la fachada libre; la terraza-jardín.

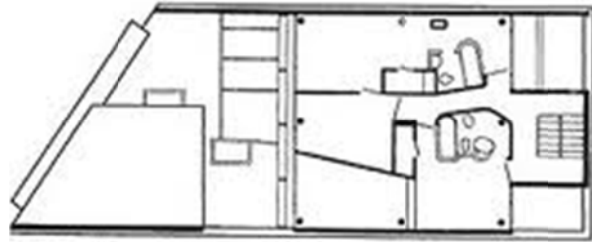


**LOGICA ESTRUCTURAL**  
**Una retícula de puntos universal**



**17** – Axonométrica Casa Curutchet

**LÓGICA FUNCIONAL**  
**Una subdivisión flexible**



**18** – Planta dormitorios Casa Curutchet

**LÓGICA ESPACIAL**  
**Un espacio continuo y fluido**



**19** – Rampa de acceso Casa Curutchet

**LÓGICA FORMAL**  
**Una forma espacial**



**20** – Fachada casa Curutchet

**Lógica estructural**

Mediante una retícula de puntos de apoyo se hace posible la continuidad y expansión multi-direccional de la planta y la subdivisión flexible del espacio útil generado, dando respuesta a las necesidades modernas de cambio, flexibilidad y crecimiento.



### **Lógica funcional**

El armado de la planta funcional, antes condicionado por los muros de carga, es regido ahora por esta grilla virtual, permitiendo una subdivisión flexible de la distribución y el dimensionado de los locales, crecimientos, expansiones y cambios en la función, etc.

### **Lógica espacial**

Como consecuencia de lo anterior, el espacio es modulado virtualmente por la grilla, siendo potencialmente continuo y fluido en todas direcciones.

### **Lógica formal**

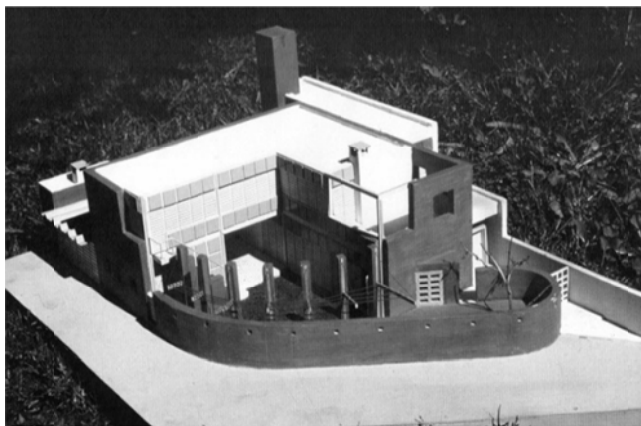
Por último, la independencia entre esqueleto y muros de cierre permite una forma de continuidad y profundidad espacial, así como también un diseño de la envolvente libre de rigores portantes, regulando a voluntad el tamaño, disposición y forma de las aberturas.

## **II.2.4. Comparación caja-grilla**

Finalmente, pongamos los análisis precedentes uno junto a otro para visualizar cómo la interacción entre condicionamientos técnicos e intenciones arquitectónicas ha devenido en dos sistemas arquitectónicos completos y coherentes:

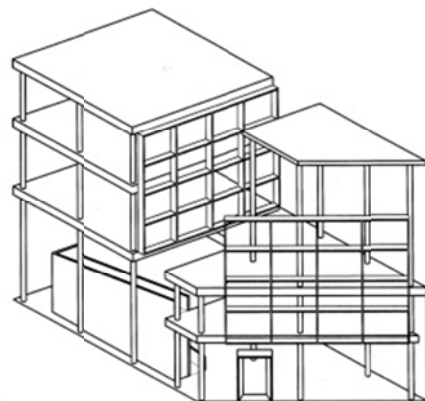
### **LÓGICA ESTRUCTURAL**

#### **CAJA MURARIA**



**21** - Lógica bilateral o perimetral de apoyos

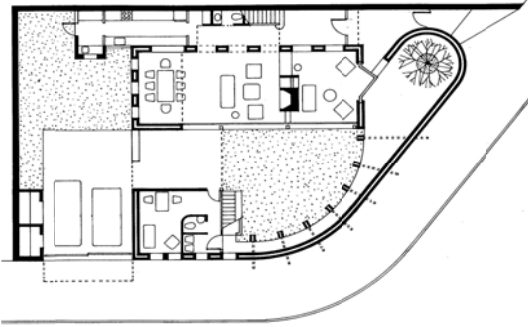
#### **GRILLA ESTRUCTURAL**



**22** - Lógica reticular de apoyos

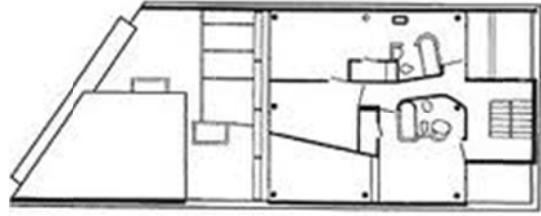
## LÓGICA FUNCIONAL

### CAJA MURARIA



23 – Compartimentación

### GRILLA ESTRUCTURAL



24 - Subdivisión flexible

## LÓGICA ESPACIAL

### CAJA MURARIA



25 - Espacio compartimentado y sucesivo

### GRILLA ESTRUCTURAL



26 - Espacio continuo y fluido

## LÓGICA FORMAL

### CAJA MURARIA



27 - Forma volumétrica

### GRILLA ESTRUCTURAL



28 - Forma espacial

# CAPÍTULO III

## Cerrar

### III.1. La envolvente arquitectónica

#### ARGUMENTO

Su función es lograr condiciones de habitabilidad adecuadas a la biología y cultura del usuario. Por su extensión y complejidad, es determinante en la economía, factibilidad y eficacia. Pero además, es la testigo más elocuente de cómo nos relacionamos con el medio ambiente.

#### Función

Así, cumple una doble función: *cerrarse* en pos de protección ante el medio hostil y *abrirse* a “alegrías esenciales” (sol, espacio, verdor), como así también a benéficos contactos humanos, planteando un tema central para la Arquitectura: la relación entre clima y modos de vida.

#### Problemática

Las tecnologías no han cesado de evolucionar, pero el deterioro del ambiente ha aumentado. Si el 61% de la energía que se consume es por climatización e iluminación artificial, y la electricidad explica más del 30% de los gases causantes del cambio climático, la importancia relativa del acondicionamiento climático salta a la vista.

Siempre ha existido una tensión entre la exigencia de confort y la contención de los recursos, pero a esto se le agrega hoy una intensa preocupación por el deterioro del medio ambiente. Así, la búsqueda de un equilibrio con el ambiente presiona sobre la conciencia de la profesión, poniendo en cuestión estándares de excelencia indiferentes al ambiente y al contexto.

Esto nos lleva a buscar otros puntos de vista más allá del recurso de utilizar tecnología. Para ello es necesario conocer la dinámica de los fenómenos, del calor, el agua, el aire. A fin de utilizarla como dispositivos naturales de acondicionamiento ambiental.

### III.1.1. La envolvente

#### Función

Llamamos *envolvente* al conjunto de elementos constructivos y dispositivos tecnológicos que, como una verdadera “piel”, envuelve al edificio, con el fin de regular la temperatura y humedad del aire, el asoleamiento, la ventilación e iluminación, el nivel de ruidos, los grados de seguridad, etc. En suma, lograr las condiciones de habitabilidad adecuadas al comportamiento biológico-cultural del usuario.

Su función es lograr condiciones de habitabilidad adecuadas a la biología y cultura del usuario. Pero además es la testigo más elocuente de cómo nos relacionamos con el medio ambiente.



1 – Patio Catamarqueño = integración



2 – Torres de la Defense = hermeticidad

Por su extensión y complejidad, la envolvente es un factor determinante en la economía, factibilidad y eficacia del edificio, como así también una componente esencial de su imagen. Pero además es testigo elocuente de cómo nos relacionamos con el medio ambiente. En efecto; de ella dependen no solo la neutralización de los efectos no deseados provenientes del exterior sino el modo en que nos relacionarnos vitalmente con él, dando lugar a múltiples transiciones interior-exterior calificadas por el clima y los modos de vida del lugar. Así, la envolvente debe cumplir una doble función: *cerrarse* en pos de abrigo y protección ante el medio físico y social hostil, y *abrirse* a “alegrías esenciales” (sol, espacio, verdor) y a benéficos contactos humanos, dejando planteado un tema central para la reflexión arquitectónica: la relación entre clima y modos de vida, que trataremos más en detalle en el capítulo siguiente.

Una doble función: cerrarse en pos de abrigo y protección ante el medio físico y social hostil; abrirse a “alegrías esenciales” (sol, espacio, verdor) y a benéficos contactos humanos.



3 - Poblado en Arequipa, Perú



4 - Galería en el norte Catamarqueño

## Problemática

Desde los tiempos prehistóricos de la caverna natural –en donde tanto materia como forma eran producto directo de la naturaleza– la envolvente ha recorrido un largo camino de innovaciones, aprovechando el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías. Siempre ha existido una cierta tensión entre las crecientes exigencias de confort y la necesaria economía y mesura de los recursos empleados para conseguirlas, pero recientemente, a esta tensión se le ha agregado una intensa preocupación por el deterioro acelerado del medio ambiente, involucrando claramente a las técnicas del acondicionamiento ambiental. Si tenemos en cuenta que el 61% de la energía total que consume un edificio está compuesta por los rubros climatización (39%), iluminación artificial (22%) y que la producción de electricidad es la que explica más del 30% de los gases que son la causa esencial del cambio climático, la importancia relativa del acondicionamiento climático salta a la vista.

En efecto: en todo este tiempo, las tecnologías de la climatización e iluminación artificial no han cesado de evolucionar, pero lejos de disminuir, el deterioro del medio ambiente ha aumentado. La acumulación progresiva de productos clorados usados para refrigeración ha dañado la capa de ozono (que nos defiende de la radiación ultravioleta), contribuyendo significativamente a un calentamiento generalizado de la atmósfera terrestre (efecto invernadero), con imprevisibles consecuencias para el hombre, las especies y el ambiente tal como lo conocemos.

Este juego de pinzas entre unas exigencias de confort siempre crecientes y la búsqueda de un necesario equilibrio con el medio ambiente presiona sobre la conciencia de la profesión, poniendo en cuestión la adopción acrítica de estándares de excelencia y supuestos cánones arquitectónicos de aplicación universal, indiferentes al medio ambiente y al contexto histórico-social considerado. Así, esto conlleva a examinar el problema de la eficiencia del acondicionamiento climático desde otros puntos de vista, superadores de la mera apelación al mero recurso de utilizar más y más tecnología. Pero para ello es necesario conocer a fondo la dinámica natural de los fenómenos climáti-



cos y en particular, los comportamientos del calor, el agua, el movimiento del aire, etc., a fin de utilizar conscientemente su dinámica como dispositivos naturales del acondicionamiento ambiental.

Hay una cierta tensión entre las exigencias de confort y la necesaria medida de los recursos, pero a esto se le agrega hoy una intensa preocupación por el deterioro del medio ambiente.



5 - Villa Savoye en Poissy – desde la rampa



6 - Centro Pompidou: infraestructura

### III.1.2. La acción del calor

#### Concepto de calor

Hasta mediados del siglo XVIII, se consideraba al calor como un fluido sutil y sin peso, que se hallaba en todos los cuerpos en proporciones diversas determinando la temperatura de los mismos. Posteriormente, al observar en las primeras instalaciones industriales que cuando se ejercía trabajo mecánico sobre un cuerpo aparecía calor transmitiéndose al medio que lo rodeaba, se lo consideró una forma de energía generada por el trabajo mecánico. Actualmente se considera *calor* al contenido energético que posee un cuerpo debido al movimiento desordenado de sus moléculas. Por lo tanto, la mayor o menor cantidad de calor almacenado y/o transmitido por un cuerpo dependerá, en primer lugar, de su cantidad de materia, ya que cuanto más partículas haya en movimiento mayor será la energía calórica acumulada y/o transmitida, y en segundo lugar, de la velocidad con que ellas vibren, ya que cuanto mayor sea su frecuencia mayor será la energía que generen.

#### Dilataciones

El calor determina transformaciones físicas (dilataciones; cambios de estado) y químicas (combustiones, oxidaciones) de gran importancia en la construcción de edificios, razón por la



cual su consideración es importante, debiendo tomarse las previsiones necesarias. Las *dilataciones* se producen siempre en tres dimensiones, según una progresión que va de menores en los sólidos a mayores en los líquidos, y más aún en los gases. Las dilataciones de los elementos constructivos, si bien se producen en las tres dimensiones del espacio, pueden tomar una gran envergadura según predomine una de las medidas sobre las otras (estructuras metálicas, de hormigón armado, etc.) introduciendo tensiones adicionales que el edificio no estará en condiciones de absorber sin algún grado de rotura. Para evitar esto deberán dejarse los espacios necesarios para que se dilaten libremente.

## **Cambios de estado**

Los *cambios de estado* debido a los cambios de temperatura también son importantes. Por ejemplo, las consecuencias que puede tener la infiltración de agua en un elemento constructivo que, al helarse, aumenta su volumen un 10% introduciendo tensiones internas que llevan a su rotura, el agua que al pasar al estado gaseoso, produce los fenómenos de condensación, ó la fluencia que se produce en ciertos materiales (plásticos, pinturas, etc.) por la acción de las altas temperaturas etc.

El calor se transmite de 3 formas: *radiación, conducción y convección*. La temperatura, que habitualmente se confunde con el calor, es una medida relativa que registra la intensidad del calor, determinando el sentido de los intercambios caloríficos entre los cuerpos cuando se ponen en contacto, desde el que posee más y menos temperatura.

## **Radiación**

La Tierra recibe energía calórica y luz del sol por *radiación*, ondas electromagnéticas que se propagan a una velocidad similar a la de la Luz (300.000 km/s), a través de un cuerpo (pero sin calentamiento de éste, es decir, sin intervención de partículas que lo transporten), e incluso en el vacío. Esta constituye la principal fuente de energía renovable a nuestro alcance, representando 4.500 veces el consumo mundial actual. Las pérdidas en la atmósfera por absorción, reflexión y dispersión la reducen en un 30%.

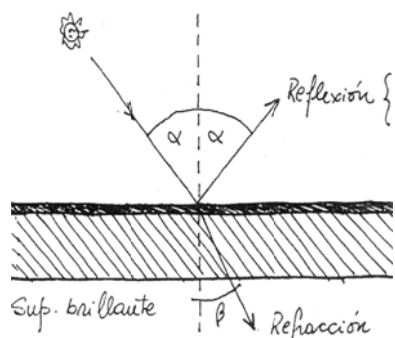
### **Radiación Ultravioleta**

Es la de menor longitud de onda, en una frecuencia invisible para el ojo humano. En su mayor parte son absorbidas por la atmósfera, especialmente por la capa de ozono, y solo una pequeña cantidad llega a la superficie de la tierra (la disminución de la capa de ozono es peligrosa precisamente porque permitiría aumentar sobre la tierra la *radiación ultravioleta*, altamente dañina para los organismos).

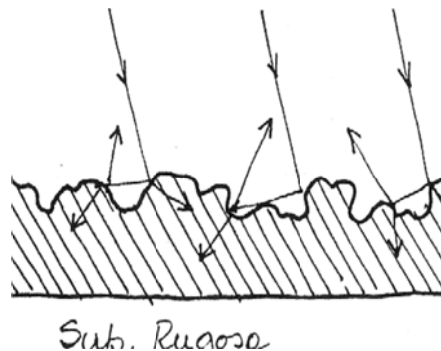
## Radiación Infrarroja

Corresponde a longitudes de onda más largas, y es la principal responsable del calor que proporciona el sol. Las ondas luminosas son ondas electromagnéticas cuya frecuencia está dentro del rango de la luz visible llamada "Luz Blanca", que se ubica entre los rayos infrarrojos y los ultravioletas; los colores están ubicados en las longitudes de onda de la parte visible del espectro electromagnético.

La intensidad de radiación varía según el ángulo, el color y tipo de superficie que lo recibe



7 – Ángulos de incidencia y reflexión



8 – Tipo de superficie que recibe la radiación

Cuando un haz de estas radiaciones incide sobre una superficie, parte de esa energía es refractada (re-emitada) y parte reflejada (rechazada), con una intensidad variable según el ángulo del rayo incidente y las características de la superficie en cuestión. La intensidad varía según el ángulo, color y tipo de superficie que lo recibe: las superficies blancas reflejan hasta el 50% del total; las superficies brillantes reflejan más que las opacas, las claras más que las oscuras, las lisas y pulidas más que las rugosas.

Las brillantes reflejan más que las opacas, las claras más que las oscuras, las lisas y pulidas más que las rugosas.



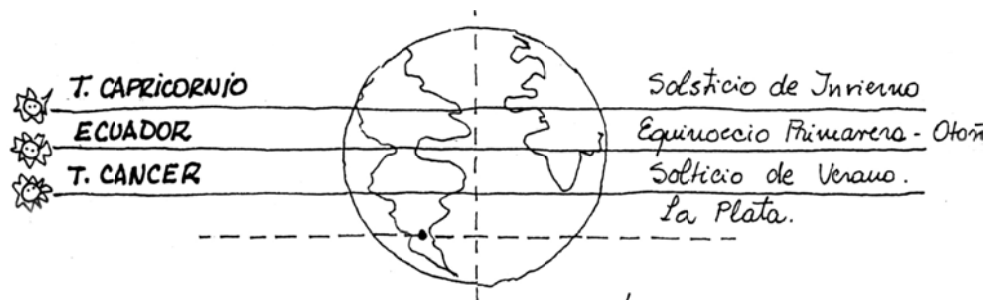
9 - Diferentes tipos de superficies terrestres

## Mecánica solar

En su movimiento (aparente) alrededor de la Tierra, la Órbita Solar oscila entre el Trópico de Capricornio, a  $23^{\circ}27'$  de latitud Norte y el Trópico de Cáncer, a  $23^{\circ}27'$  de latitud Sur, pasando dos veces por el Ecuador, pautando así el inicio de las Estaciones del año: para nuestro Hemis-

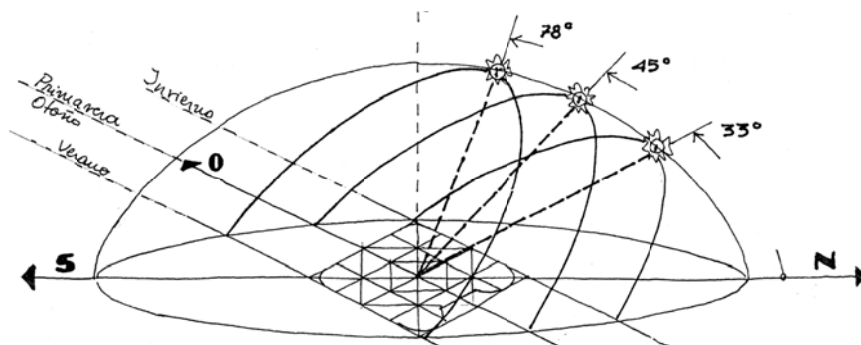
ferio Sur, Solsticio de Invierno el 21/6; Equinoccio de Primavera el 21/9, Solsticio de verano el 21/12 y Equinoccio de Otoño el 21/9, completando así en un año un ciclo de ida y vuelta. Dada la distancia del sol respecto de la Tierra, podemos considerar que los rayos inciden prácticamente paralelos.

Oscila entre Trópicos de Cáncer y Capricornio, pasando dos veces por el Ecuador en un año. Dada su distancia respecto de la Tierra, podemos considerar que los rayos inciden paralelos.



10 – Esquema de Solsticios y Equinoccio

Incidencia del rayo solar sobre la ciudad de La Plata desde el norte a las 12 horas en las cuatro estaciones.



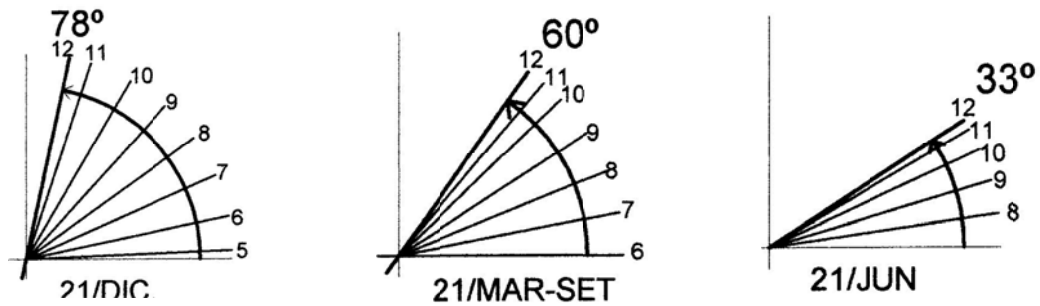
11 – Proyección de las orbitas solares sobre la ciudad de La Plata

### Asoleamiento

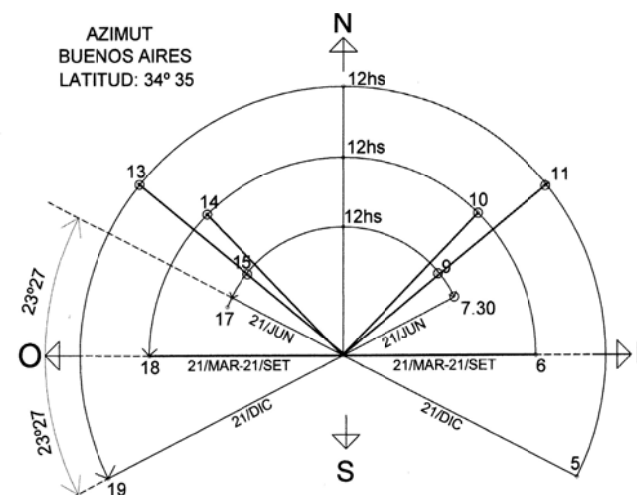
En su movimiento anual, los rayos solares van variando continuamente su ángulo de incidencia sobre cada punto de la tierra en cada momento del año, tanto en horizontal (Azimut) como en vertical (altura). La utilización combinada de ambos parámetros nos permite determinar el grado de asoleamiento de un ambiente —es decir, la cantidad y calidad de luz y sol que recibe— de acuerdo al rumbo (Azimut) y la latitud (Altura) del lugar considerado. El conocimiento de estos ángulos de incidencia es fundamental para determinar las sombras arrojadas por los elementos arquitectónicos, y por lo tanto, decidir las orientaciones convenientes del edificio y de cada ambiente, la posición y dimensión de los aventanamientos, y otros dispositivos de protección como aleros, techos de sombra, parasoles, etc., disminuyendo sensiblemente la nece-

sidad de acondicionamiento artificial. Para nuestro Hemisferio Sur, el sol es más beneficioso en invierno que en verano, deseable desde el Norte o Noreste.

LA ALTURA determina el ángulo de incidencia del sol sobre la superficie en cada punto en cada momento del año



12 – Ángulos de incidencia solar al mediodía en nuestra latitud en las cuatro estaciones



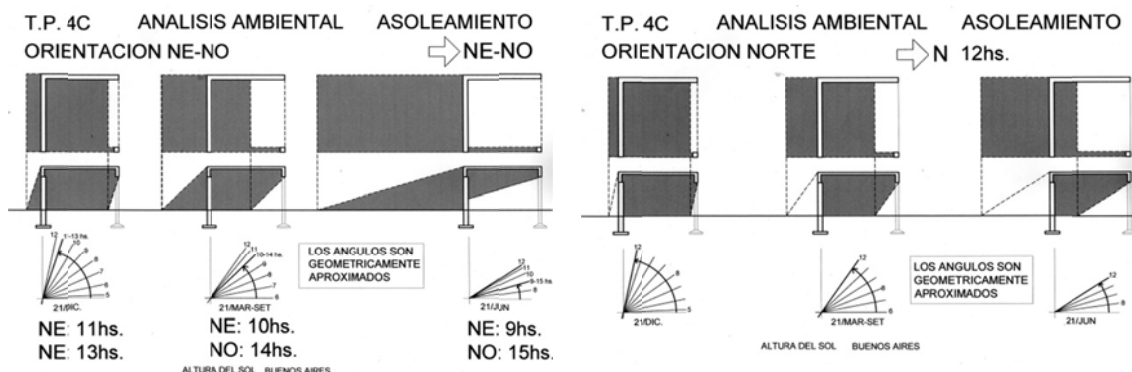
13 – Azimut en nuestra latitud en las estaciones del año – dibujo JRG

La utilización combinada de ambos parámetros permite determinar las sombras arrojadas



14 – Sombras arrojadas en las 4 estaciones del año

Y la penetración del sol en los ambientes de acuerdo a su orientación, en cada época del año



15 – Ejemplos de sombras arrojadas en diferentes orientaciones – Dibujo JRG

## Luz y color

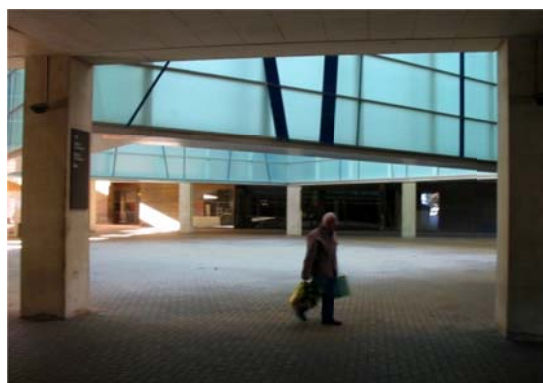
Cuando la luz incide sobre un objeto, su superficie absorbe ciertas longitudes de onda y refleja otras; sólo son vistas las longitudes de onda reflejadas y por lo tanto el cerebro sólo percibirá esos colores. El ojo humano solo percibe las longitudes de onda cuando la iluminación es abundante; con poca luz solo ve en blanco y negro.

De acuerdo a como incide, la luz puede ser directa o difusa, de forma cenital o lateral. Es directa cuando son los rayos solares los que penetran vivificando los objetos, y difusa, reflejada por difusión de la bóveda celeste produciendo una luz pareja y serena, sin rayos ni sombras marcadas, muy apta para la lectura y el trabajo y reflejada, ó por el entorno físico, variando de color con el transcurrir del día.

Es directa cuando son los rayos solares los que penetran, vivificando los objetos  
Es difusa, cuando es reflejada por la bóveda celeste, sin sombras marcadas



16- DIRECTA: Escuela Bellas Artes Cuba.



17 – DIFUSA: L'Auditori de Barcelona

Luz y color son factores esenciales, por sus efectos higiénicos, psicológicos y plásticos  
Son conocidas y apreciadas sus propiedades germicidas y antibacterianas.



**18 – LATERAL:** Escuela Bellas Artes Cuba.



**19 – CENITAL:** Patio Interior en Italia

Luz y color son factores esenciales en la arquitectura, tanto por sus efectos higiénicos como psicológicos y plásticos. Son conocidas sus propiedades germicidas y antibacterianas, sus efectos anímicos sobre los usuarios y sus efectos plásticos con el juego de contrastes entre luces y sombras.

Por la incidencia variable del sol en cada punto de la tierra, “cada sitio tiene su propia luz”, caracterizando la materialidad de su arquitectura: fuertes contrastes, sombras netas y reverberación de la luz en los trópicos; suave difusión de la luz en las cercanías de los polos.

Fuertes contrastes, sombras netas y reverberación de la luz en los trópicos. Suave difusión de la luz en las cercanías a los polos.



**20 – Patio convento** en Arequipa – Perú



**21 – Museo del Hielo** – Calafate – Argentina

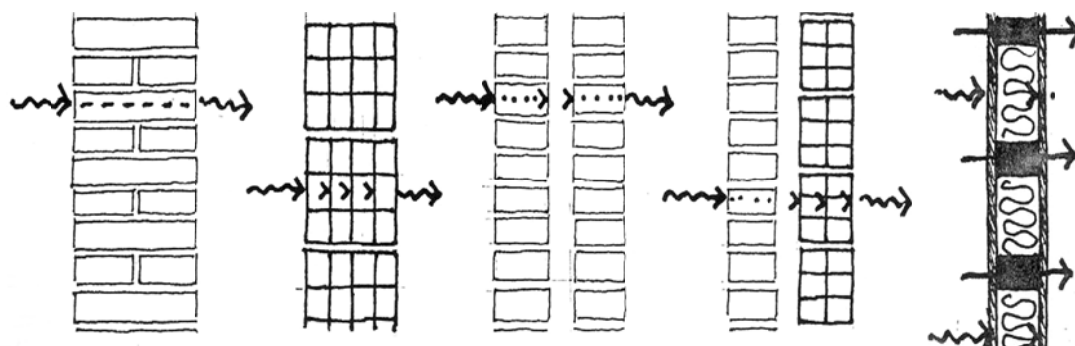


## Conducción

### Propagación

En los Sólidos, el calor se propaga por contacto de las moléculas de los cuerpos, del de mayor al de menor temperatura, siendo por lo general un proceso lento. Este tipo de transmisión se realiza principalmente a través de los elementos materiales que delimitan la envolvente (paredes, pisos, techos, etc.), donde lo que interesa es fundamentalmente la cantidad de tiempo que el calor tarda en atravesarlos (que se mide por el coeficiente K en kcal/h).

El calor se propaga entre sólidos por contacto, del de mayor al de menor temperatura.



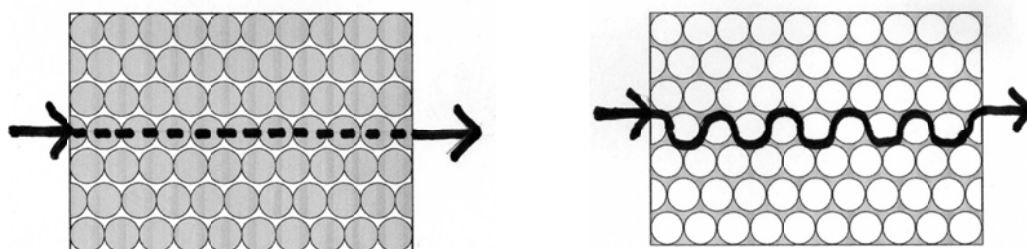
22 – Diferentes tipos de muros y su transmisión por conducción.

### Capacidad aislante

Tal como se vio al definir calor, recordemos que la energía calórica de un cuerpo está en relación directa con la cantidad de materia que posee, por lo que ese pasaje será más rápido cuando el material sea más denso, y más lento cuando contenga más vacíos en su interior, es decir, cuando sea más poroso.

Así, la densidad o porosidad del material determinará su capacidad aislante: materiales densos como el hormigón o ciertas piedras naturales poseen una velocidad de transmisión ocho veces superior a la de un trozo de madera, y por lo tanto, son ocho veces menos aislantes que ésta. El agua es buena conductora, razón por la cual un material húmedo facilita enormemente la transmisión.

La densidad o porosidad del material determina su capacidad aislante.



23 - A más densidad, transmisión más rápida. 24 - A más porosidad, transmisión más lenta.

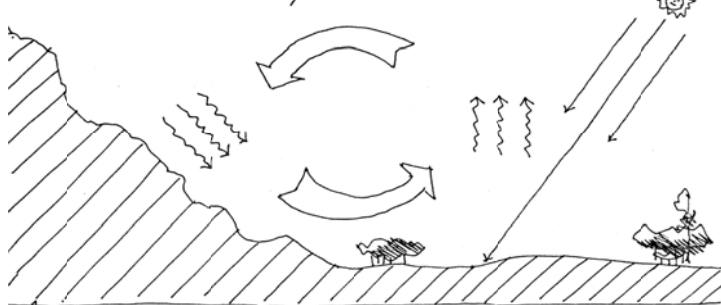
## Convección

### Propagación

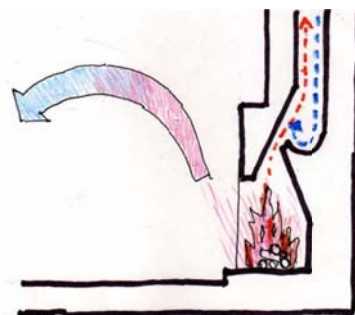
En líquidos y gases, el calor se transmite por convección, la forma más rápida de transmisión de calor. El mecanismo físico más importante de transmisión de calor por convección son las llamadas *corrientes convectoras de calor*. Estas se producen cuando las partículas de un fluido (aire, agua, etc.), al dilatarse por el calor, pierden densidad y ascienden, siendo reemplazadas por otras más frías que bajan produciendo un movimiento circular que transfiere el calor de uno a otro lado.

En líquidos y gases, el calor se transmite por convección, la forma más rápida de transmisión. Los vientos son producto de gigantescas corrientes convectoras de calor en la atmósfera.

CONVECCIÓN (LÍQUIDOS-GASES)



25 – Formación de corrientes convectoras.



26 – Estufa-hogar.

### Los vientos

En el seno de la atmósfera, este proceso es sumamente importante y genera una serie de fenómenos fundamentales, tales como la formación de vientos, de nubes, de ciclones, anticiclones, precipitaciones, gracias a la capacidad del agua para cambiar de estado al absorber y ceder calor con facilidad. Los vientos son el resultado de gigantescas corrientes convectoras de la atmósfera, producto de las diferencias de temperatura entre zonas de distinta constitución: entre el mar y la costa, entre los desiertos y los bosques, entre la llanura y la montaña, etc.

## III.1.3. La incidencia del agua

### Estados

Por la compleja combinación de factores que inciden sobre ella, la incidencia del agua en las construcciones adopta una enorme variedad de formas. A su variada procedencia, debido a fenómenos naturales tales como filtraciones por lluvias, humedad de los suelos, aguas subte-

rráneas, humedad relativa del aire, etc. debemos agregar las variaciones de temperatura que la hacen cambiar de estado, haciendo que la misma modifique sus propiedades.

En *estado líquido* el agua es un fluido cuyas moléculas se deslizan entre si bajo la acción de pequeñas fuerzas internas, siendo imposible comprimirlas. En *estado sólido* es una de las pocas sustancias que se expande al congelarse, aumenta su volumen un 10% y disminuye su densidad, haciendo que el hielo flote en el agua. En *estado gaseoso* minúsculas gotitas de agua en suspensión en el aire caliente forman el vapor de agua, tendiendo a elevarse al perder densidad.

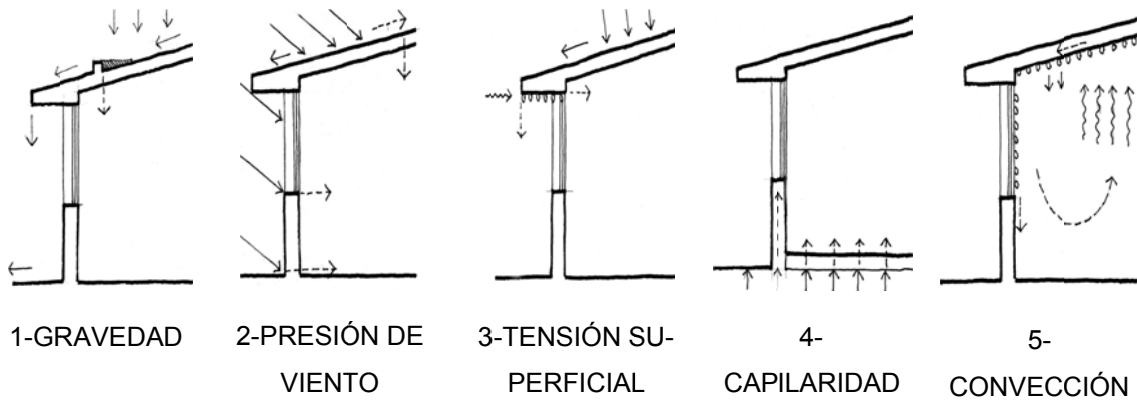
En realidad, es la combinación del agua con la acción del calor lo que constituye el principal problema para la estanqueidad y el comportamiento higrotérmico de los edificios.

## Formas de incidencia

Respondiendo a determinados fenómenos físico-químicos, los endiablados caminos del agua aprovechan cualquier alteración, falla, imprevisión para romper la estanqueidad del edificio, infiltrar sus materiales y poner en riesgo su eficiencia aislante.

- Respondiendo a la *gravedad*, el agua de lluvia cae verticalmente sobre cubiertas y paramentos deslizándose por pendiente hasta su eliminación. Pero ante cualquier discontinuidad de la superficie ú obstáculo que detenga el libre escurrimiento se infiltra rompiendo la estanqueidad. (Clavos de techo, ventilaciones, cargas, etc.)
- Impulsada por la *presión del viento*, la lluvia rompe la vertical e incide en forma oblicua y casi horizontal, llegando a remontar la pendiente. Esto se agudiza según la orientación en relación con la intensidad y persistencia de los vientos dominantes.
- Pequeñas cantidades de agua quedan atrapadas por una membrana elástica de fuerzas tangenciales que forman la gota de agua, reteniendo el líquido en su interior por obra de la *tensión superficial*. Estas gotas, retenidas en bordes y aleros, empujadas por el viento “caminan” horizontalmente hacia el interior del edificio.
- Bajo la acción de la presión atmosférica, el agua contenida en suelos, paredes, etc. tiende a ascender por los poros ó tubos capilares del material en relación directa al menor diámetro de los mismos, en un fenómeno llamado *capilaridad*.
- Transportado por corrientes convectoras de aire, el vapor de agua contenido en forma gaseosa en el aire caliente, al chocar contra una superficie fría cede calor y se satura de agua, pasando nuevamente al estado líquido por el fenómeno de *condensación*.
- Por *congelación* el agua, infiltrada en los intersticios ó vasos capilares de los materiales aumenta su volumen un 10%, introduciéndole tensiones internas que terminan por destruirlo ó degradarlo.
- *Las variaciones sucesivas del contenido de humedad* en los materiales conforman un “ciclo seco-húmedo” que someten al material a un trabajo mecánico de dilataciones y contracciones sucesivas y reiteradas que llega a ser muy destructivo.(ej.: maderas).

Es la combinación del agua con el calor el principal problema para el comportamiento higratérmico del edificio.

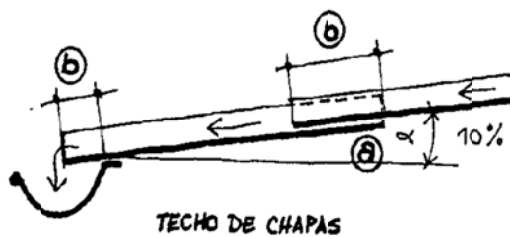


27 - Gravedad – Presión de Viento – Tensión Superficial – Capilaridad - Convección

## Estrategias del oficio

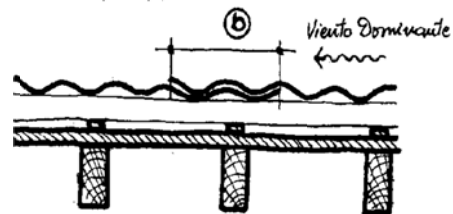
En el siguiente gráfico se pueden visualizar algunas *estrategias del oficio* –de gran valor didáctico– sobre la forma práctica en que se mueve el agua y los recursos a los que se recurre para contrarrestarla.

Conducir el agua por gravedad.



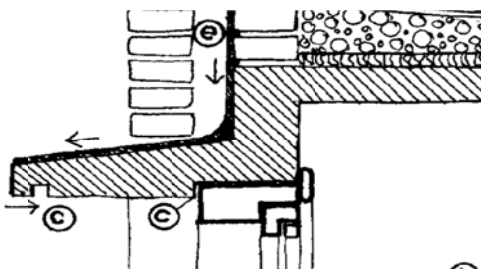
28 – “La Pendiente”

El elemento superior derrama siempre sobre el inferior.



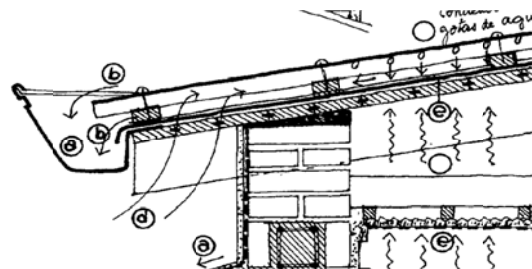
29 – “El Solape”

Impedir que las gotas “caminen” hacia el interior.



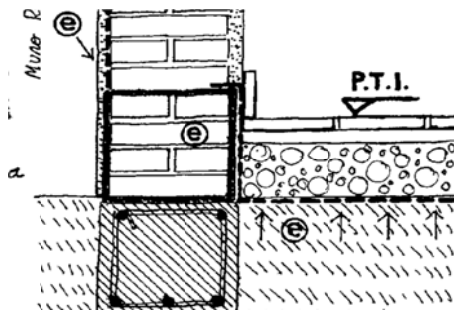
30 – “El Goterón” corta-aguas

Evitan la condensación del vapor contenido en el aire.



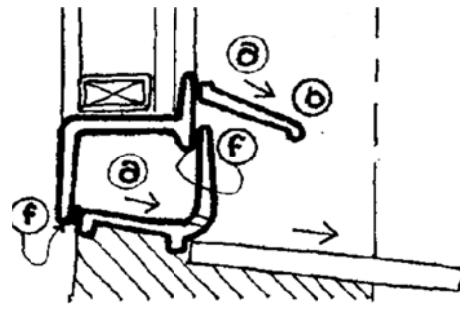
31 – La “Corriente de Aire”

Impedir que el agua “suba” por capilaridad.



32 – La “Barrera impermeable”

Evitar la Infiltración por presión del viento.



33 – El “doble contacto”

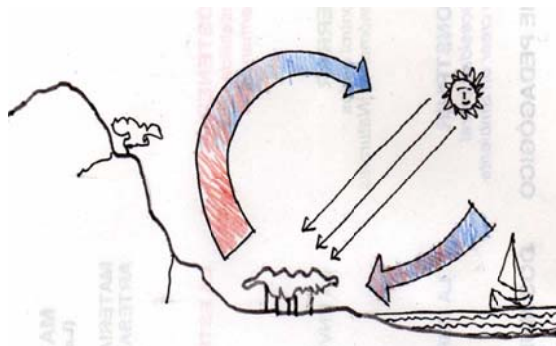
### III.1.4. El movimiento del aire

#### Dinámica del viento

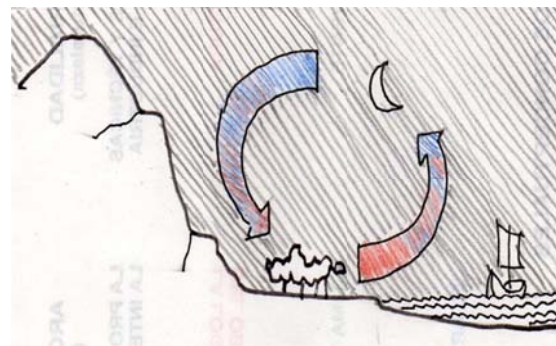
El viento es aire en movimiento generado por diferencias de temperatura y presión atmosférica originadas en un calentamiento no uniforme de la superficie terrestre. En este proceso, el movimiento del aire, su velocidad y dirección responde a la combinación de cuatro fuerzas básicas:

- El aire siempre se mueve de una presión alta hacia una presión baja.
- Su dirección sufre una deflexión debido a la rotación de la tierra. (a la derecha en el hemisferio norte, hacia la izquierda en el Sur).
- El aire se mueve de forma curva.
- Velocidad y dirección se alteran por el tipo de rugosidad superficial cerca de la superficie de la tierra.

El viento es aire en movimiento originado por diferencias de temperatura y presión atmosférica. Las brisas de mar y de tierra soplan desde los lugares fríos hacia los calientes.



34 – Movimiento del aire de día.



35 - Movimiento del aire de noche.

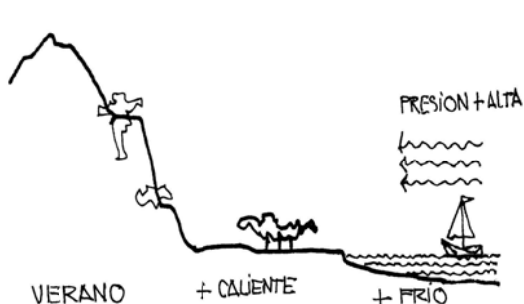
Los vientos de gran escala predominan. Sin embargo, pueden ser alterados por los vientos locales, denominados *convectivos*. Los principales son los vientos del valle, los de ladera, y las

brisas de mar y de tierra. Estos últimos soplan desde los lugares fríos hacia los calientes: en verano, los vientos soplan desde los océanos, que están más fríos; mientras que en invierno, los vientos soplan hacia los océanos, ahora más cálidos.

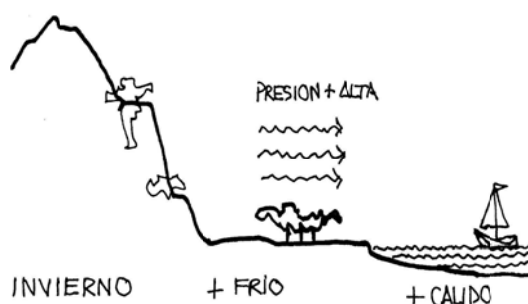
Los vientos que soplan todo el año en la misma dirección aunque de intensidad variable se denominan *constantes*, siendo periódicos los que no tienen regularidad en su dirección. En nuestra zona podemos destacar tres tipos de vientos dominantes:

- Los vientos del Noreste, dominantes, que traen buen tiempo y estabilidad
- Los del Sudeste, *Sudestadas* que se localizan en el Río de La Plata y se caracterizan por ser vientos persistentes regulares a fuertes, con temperaturas relativamente bajas y generalmente acompañado por lluvias de variada intensidad que duran de 2 a 3 días.
- Los del Sudoeste, *Pampero*, fuerte viento que aporta aire fresco y seco, limpiando la bóveda celeste de nubosidad.

Los vientos que soplan todo el año en la misma dirección se denominan *constantes*. En nuestra zona, tres tipos de vientos dominantes: del NE, Sudestadas, y Pampero



36 – Movimiento del aire en verano.



37 – Movimiento del aire en invierno.

## Ventilación natural directa

La ventilación es la principal estrategia de climatización en los climas cálidos, tanto secos como húmedos. Pero también en los climas fríos, protegiéndose del viento y controlando las infiltraciones, y en climas templados donde se alternan necesidades de ventilación y otras de control. Para proporcionar condiciones de confort higrotérmico requeridas para cada lugar, la Ventilación tiene como objetivos prioritarios:

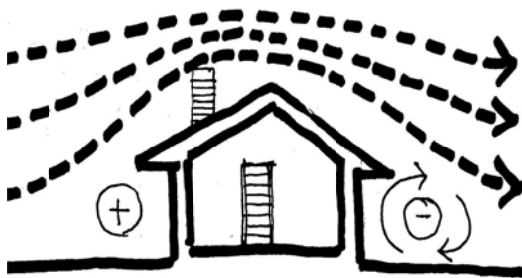
- Asegurar la renovación del aire mediante la eliminación del aire viciado y la incorporación de aire fresco. (30m<sup>3</sup>/h de aire puro en zonas rurales; 50m<sup>3</sup>/h en zonas urbanas).
- Refrigerar el aire interior, para mejorar las condiciones de confort. (A mayor velocidad del aire, mayor frescor y menor agobio, por eliminación de la humedad ambiente).
- Controlar las infiltraciones de aire frío desde el exterior.



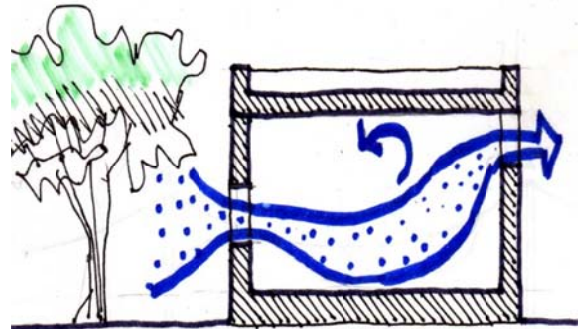
- Evitar los fenómenos de la condensación, que se producen cuando el aire se satura de agua llegando a su punto de rocío, ya sea por aumento de la humedad relativa bajo la misma temperatura (100% de H.R.), o por descenso de la temperatura con la misma humedad.

Cuando el viento choca contra un edificio se crea una zona de alta presión a su frente, el viento lo rodea y crea zonas de baja presión en las caras laterales y la posterior. Naturalmente el viento trata de entrar por las zonas de alta y salir por las de baja presión. En el interior del edificio, la localización y el tipo de abertura determina como se moverá el aire. Al tener la abertura en el centro, tendremos igual presión a ambos lados y el viento entrará de frente a la habitación. Si las aberturas de entrada y salida no están en el centro, el flujo del aire será diagonal, siempre de la zona de mayor a la de menor presión.

El viento crea una zona de alta presión al frente y zonas de baja en los laterales y atrás. En el interior del edificio, la localización y el tipo de abertura determina como se moverá el aire.



38 – movimiento del aire en el exterior.

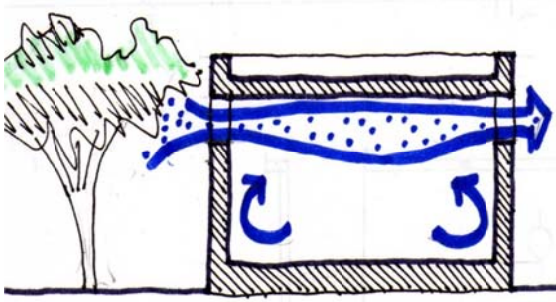


39 – movimiento del aire en el interior.

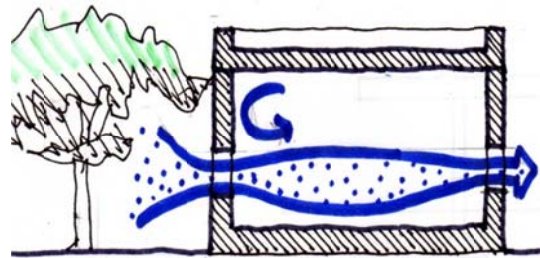
## Ventilación cruzada

Un deseable objetivo del proyecto debe ser permitir la *ventilación cruzada* en todos los locales, a fin de lograr un barrido lo más completo posible del aire viciado ó saturado de vapor. Para ello cada local debe disponer al menos de una entrada y una salida opuesta del aire, preferentemente en forma diagonal, para evitar su estancamiento. Las ventanas bajas son útiles para provocar el enfriamiento directo. Las aberturas que dan a la sombra actuarán como entrada del aire, y deben ser más bajas que las que actúen como salida del aire, más altas. El aire desciende adosándose al suelo, y desaloja al aire caliente que sube.

Ventilación cruzada con entradas y salidas opuestas para evitar estancamiento y condensación. El aire desciende adosándose al suelo y desaloja al aire caliente que sube.



40 – Movimiento del aire en el interior.

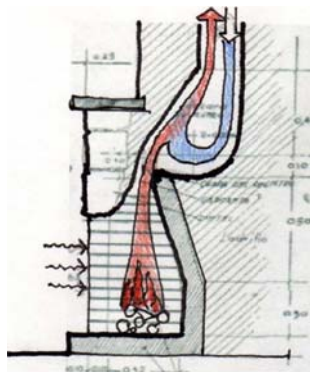


41 - Movimiento del aire en el interior.

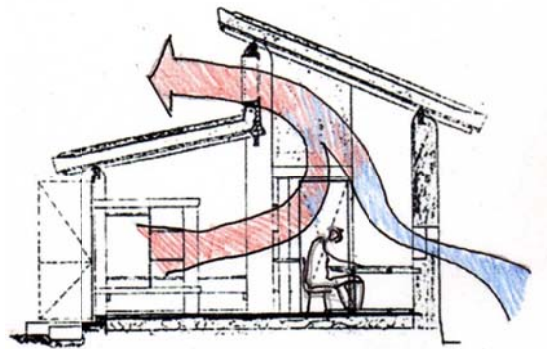
## Ventilación natural inducida

El movimiento natural del aire (no forzado por elementos mecánicos) puede ser inducido por una serie de efectos físicos que aprovechan las diferencias de temperatura del aire, de presión entre el exterior y el interior, o las dimensiones de los corredores de aire.

El movimiento es inducido por diferencia de temperatura ó de presión entre exterior e interior *efecto chimenea*: el aire caliente, más liviano, asciende; el aire frío, más denso, baja.



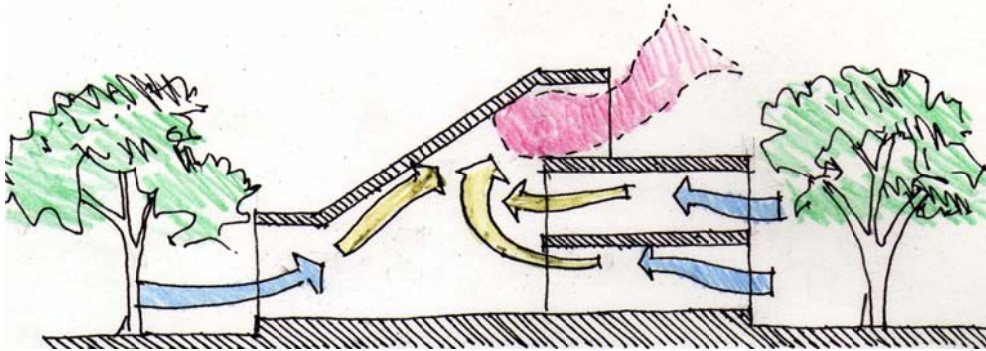
42 – Movimiento del aire en chimenea



43 – Por diferencia de techos

Uno de esos mecanismos es el *efecto chimenea*. Al calentarse, el aire pierde densidad y tiende a ascender, siendo sustituido por aire frío más denso por debajo. A su vez, La extracción del aire caliente superior genera succiones capaces de inducir la entrada de aire fresco por abajo.

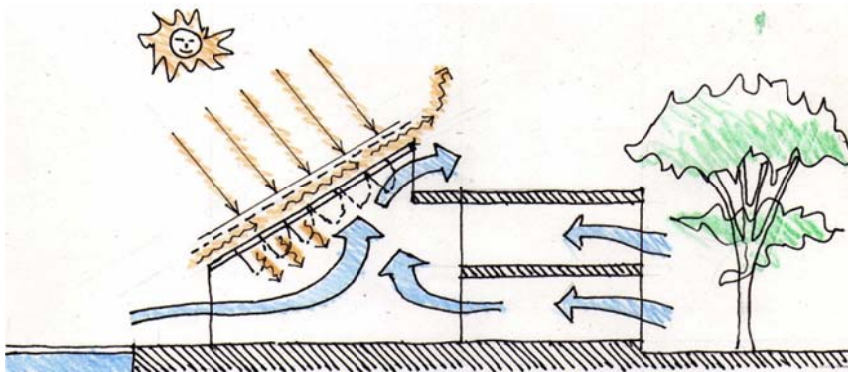
Invierno: el aire caliente es acumulado arriba y recirculado hacia abajo.  
 Verano: el aire caliente asciende y se elimina, succionando aire frio por debajo.



**44 – EFECTO CHIMENEA:** Invierno y Verano.

El otro efecto muy utilizado es el *efecto invernadero*. En él se crea una cámara entre una primera envolvente de vidrio y un paramento interior. El vidrio deja pasar el rayo de sol, que calienta el paramento sólido y lo refracta a la cámara creada, de la cual no puede salir. (Este es el mismo mecanismo que provoca el calentamiento global). En invierno, este calor acumulado es recirculado hacia el interior del edificio calentando el aire interior.

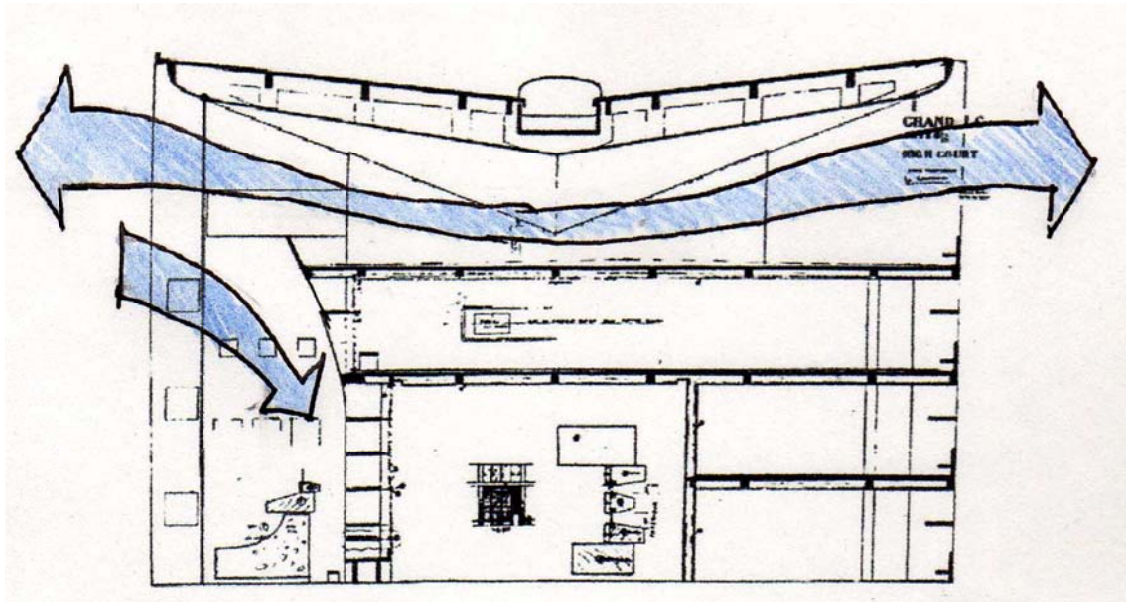
Una doble piel de vidrio atrapa el calor en invierno y lo recircula al interior. En verano lo elimina por efecto chimenea.



**45 – EFECTO INVERNADERO:** INVIERNO Y VERANO

En Verano, la cámara actúa como una chimenea que elimina por arriba el calor ingresado, a la vez que succiona y elimina el aire caliente interior. Mediante estrategias pasivas de este tipo, es posible obtener reducciones de entre un 40 a 60% de la energía requerida por el acondicionamiento artificial.

Aceleración del paso del aire por disminución de la sección del pasaje. Este tipo de ventilación es útil en zonas de escasa presencia de viento.



46 - Movimientos del aire inducidos por *efecto Venturi*.

Por último, el llamado *efecto Venturi* se basa en el hecho de que si el caudal del aire es constante pero el paso de la sección disminuye, necesariamente la velocidad aumenta al atravesar esa sección. Inducir naturalmente este tipo de ventilación es útil en zonas de escasa presencia de viento. La forma de la cubierta es de gran importancia para la circulación natural del aire.

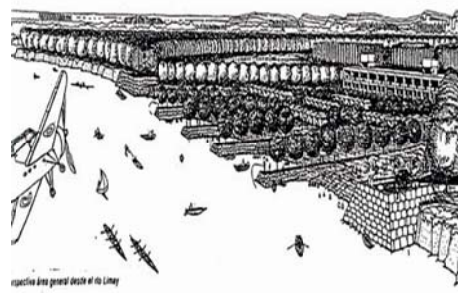
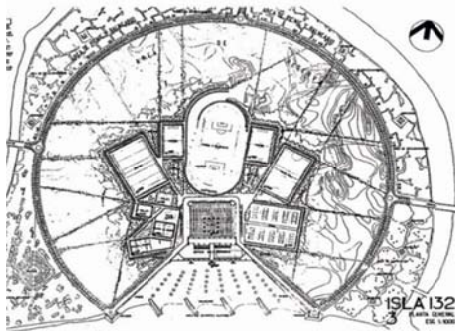
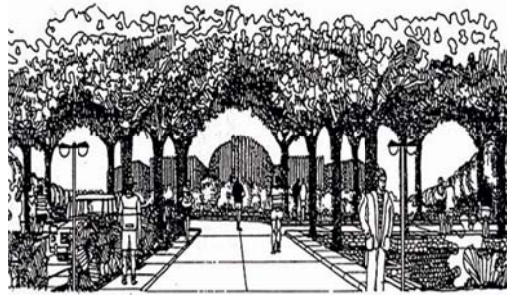
## Barreras vegetales

La vegetación forma parte de la rugosidad superficial y es causante por ello de la fricción del viento cerca de la superficie. En el ámbito urbano se presentan complicaciones debidas a la morfología, tamaño y textura de las superficies, a la actividad de edificios y personas, a los niveles de contaminación, etc., produciéndose efectos que modifican el flujo del aire. Las turbulencias dependen básicamente de la forma y tamaño de los obstáculos y no de la velocidad del viento.

Aunque el viento a bajas velocidades es beneficioso para la ventilación, a medida que crece en magnitud trae problemas. Para disminuir sus efectos se puede recurrir a barreras vegetales que protegen los edificios sin sacrificar la ventilación. Además, reducen el nivel de ruido, retienen el polvo, reducen los contaminantes y mejoran la calidad del aire.



Protegen del viento, disminuyen ruido y contaminación, retienen polvo y mejoran el aire podemos crear zonas de alta y baja presión alrededor del edificio y crear corrientes de aire.



**47** – Edificios verdes en el Concurso “Parquización Isla 132 – Neuquén”

Mediante la implantación de elementos vegetales podemos crear zonas de alta y baja presión alrededor del edificio y crear corrientes de aire, sobre todo en edificios que tienen una orientación desfavorable respecto a los vientos dominantes. Durante la época calurosa podemos disponer la vegetación de modo de inducir el flujo al interior del edificio, creando movimientos de aire directos y acelerados. En la época fría podemos utilizar la vegetación como barrera contra el viento.

## III.2. Clima y modos de vida

### ARGUMENTO

#### Climatización

Temperatura, humedad, asoleamiento, vientos y lluvias de un punto del planeta determinan, en conjunto, el comportamiento térmico de un edificio.

Hay confort higrotérmico cuando no intervienen los mecanismos termorreguladores del cuerpo, permitiendo que la temperatura interna del hombre permanezca constante.

Las culturas vernáculas han controlado el clima yendo a favor la dinámica natural, demostrando un envidiable equilibrio entre forma y contexto.

La relación clima-modos de Vida es un aporte de sentido común, ingenio y sabiduría, como así también una de las raíces más auténticas y permanentes que vinculan con el lugar

### Sustentabilidad

La sustentabilidad debe ser analizada desde un enfoque ideológico y otro técnico, donde el problema ideológico es central, pues involucra la propia concepción de la Arquitectura. Quizás lo que haga falta es más imaginación para pensar cómo vivir de modo diferente.

El objetivo debería ser lograr el confort en un nivel de equilibrio con el medio ambiente. Pero resolverlo dentro de una caja hermética, sin relación alguna con el contexto, puede llegar a comprometer seriamente dicho equilibrio.

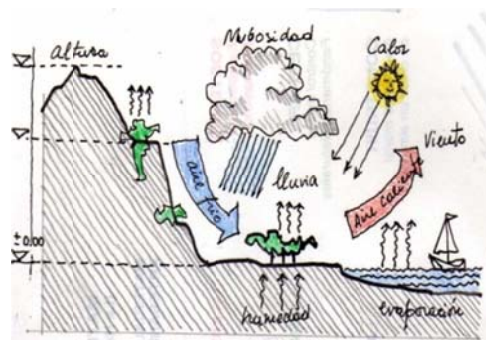
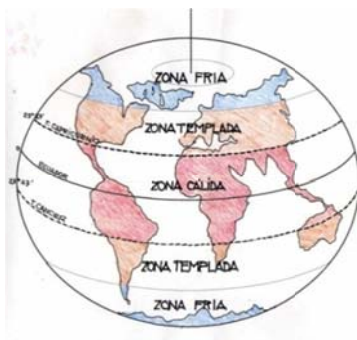
No estamos planteando un retorno a románticos pasados pre-industriales, sino la práctica de un diseño alejado de la idea de lograr el confort a cualquier costo. Antes de comprimir el problema en un corset tecnológico, sería mejor intentar convivir con la Naturaleza.

## III.2.1. Clima

### Factores climáticos

La noción de *clima* es compleja y no admite clasificaciones netas, pues generalmente los adyacentes se funden unos con otros, dando una gran cantidad de variaciones. Influyen en su conformación el régimen de asoleamiento según la latitud del lugar; la Altura con respecto al nivel del mar; la nubosidad media; la humedad relativa del aire y el régimen de lluvias y vientos, etc., determinando cuatro parámetros que van a caracterizar el clima de cada región: la temperatura del aire (frío, templado, cálido), la humedad ambiente (seco-húmedo), la amplitud térmica (diferencias entre las temperaturas del día y la noche), y la luminosidad de la bóveda celeste (despejada-nubosa).

La noción de *clima* es una noción compleja que no admite clasificaciones netas, pues los adyacentes se funden unos con otros, dando una gran cantidad de variaciones.



1 – Factores climáticos: asoleamiento, altura, nubosidad media, humedad, lluvia, viento.



La mayoría de los asentamientos humanos se ubican en climas compuestos, que van desde predominantemente húmedos con ciertos periodos de sequía, a predominantemente áridos con breves estaciones de lluvia. No obstante, y a los efectos prácticos, es posible clasificarlos convencionalmente en Climas tropicales, templados y fríos, cada uno con la particularidad de poder ser secos o húmedos.

## **Datos climatológicos**

Para realizar un proyecto de arquitectura no es imprescindible un análisis exhaustivo de los datos meteorológicos, siendo suficientes las medias de las máximas y mínimas diarias a través del año, a menos que la rigurosidad y persistencia de situaciones extremas obliguen a contemplarlas particularmente. Pero en todos los casos, la actitud de aprovechar los recursos de la propia arquitectura para encausar los fenómenos climáticos sin tratar de anularlos a fuerza de derroches de energía, constituye un punto de partida valioso calificando la arquitectura así conseguida.

Para la Ciudad de La Plata, los datos principales son los siguientes:

- Lluvias de aproximadamente 1000 mm. anuales de promedio, repartidos con bastante regularidad a lo largo del año. Son más abundantes en primavera-verano, y menores en otoño-invierno.
- Vientos dominantes del cuadrante S-E (E; S y SE) en primavera-verano, y del cuadrante N-O (NO y O) en otoño-invierno.
- Humedad relativa ambiente promedio alta, de notable regularidad, fluctuando entre un 68% en diciembre (mínima) y un 82% en julio (máxima).
- Asoleamiento: la salida y puesta del sol en primavera y otoño es coincidente con los rumbos Este y Oeste respectivamente, con ángulos de incidencia máximo (Zenit) de aprox. 45 grados sobre el rumbo Norte al mediodía. (12 hs.). En verano, la salida y puesta del sol se desplaza aprox. 23 grados hacia el Sur (rumbos S-E y S-O respectivamente) aumentando las horas de asoleamiento, con un ángulo máximo de incidencia, sobre el rumbo norte al mediodía, de 78 grados (el 21/12). En invierno, a la inversa, la salida y puesta se desplaza 23 grados hacia el Norte disminuyendo significativamente las horas de sol, siendo su ángulo máximo de incidencia, con rumbo Norte, de 33 grados, al mediodía del día 21/6.

En realidad, hablar de los efectos térmicos sobre los edificios implica hablar de algo más que del Calor, pues es la acción combinada de la temperatura del aire, la humedad ambiente, el régimen de vientos y el asoleamiento de un punto del planeta lo que determina, en conjunto, el comportamiento térmico de un edificio.

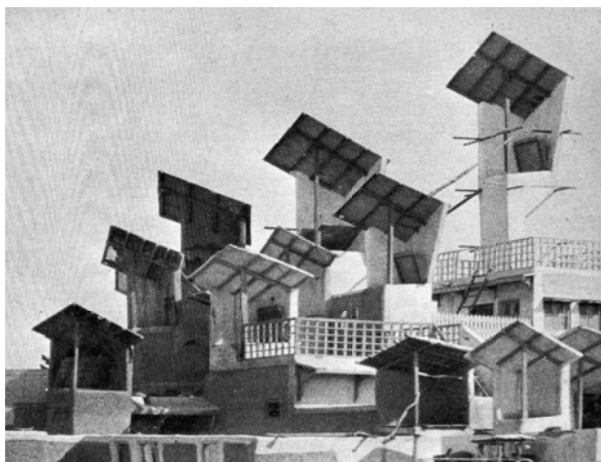
## Confort higrotérmico

Se considera que hay *confort higrotérmico* cuando para una actividad sedentaria no tienen que intervenir los mecanismos termorreguladores del cuerpo (sudoración, cambios metabólicos, tiritación, etc.), permitiendo que la temperatura interna del hombre permanezca constante. Para ello es necesario controlar al menos tres de los parámetros anteriores, la temperatura del aire, la humedad relativa ambiente y la condensación, condensación que se produce cuando el aire se satura de agua y llega a su punto de rocío, ya sea por aumento de la humedad relativa bajo la misma temperatura ó por descenso de la temperatura con la misma humedad, agudizando en alto grado las molestias climáticas.

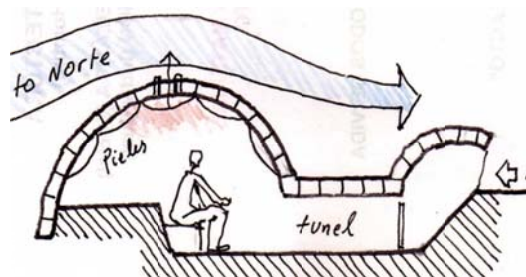
## Las culturas vernáculas

La relación clima-modos de Vida ha sido durante siglos un aporte de sentido común, ingenio y sabiduría surgidos de la experiencia viva del habitante del lugar. Las *culturas vernáculas*, signadas por la escasez de medios materiales y/o tecnológicos, han controlado los efectos del clima utilizando a su favor la dinámica natural de los fenómenos, mostrando un envidiable equilibrio entre forma y contexto.

Las culturas vernáculas han controlado el clima con envidiable equilibrio entre forma y contexto, siendo un aporte de sentido común, ingenio y sabiduría de los habitantes del lugar.



2 - Pantallas deflectoras de viento en Bangladesh.



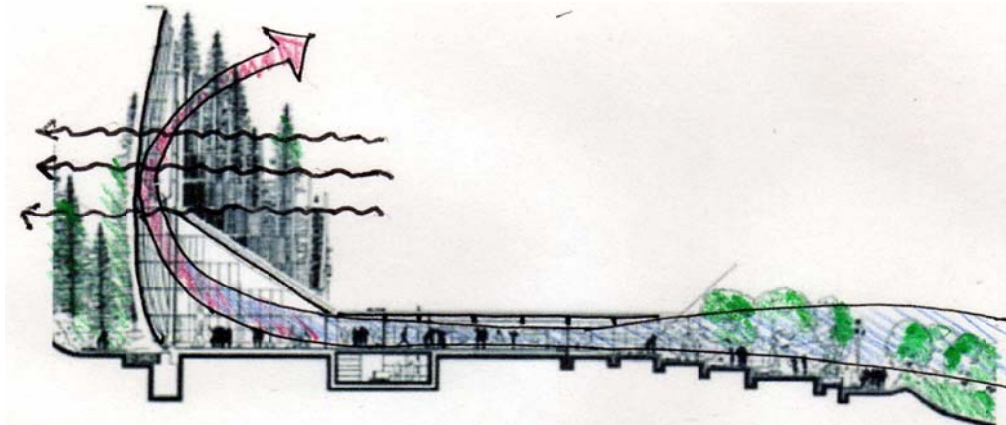
3 - Corte esquemático de un iglú.

Y en ese sentido, el viento ha sido uno de los recursos ambientales más utilizados para manejar la climatización, ya sea captándolo, evitándolo ó controlándolo, un recurso de climatización pasiva (sin consumo de energía) que ha sido utilizado de manera eficaz en la arquitectura de todos los tiempos y lugares. Hoy, esos recursos “pasivos” de climatización adquieren cada vez más importancia a partir de la mayor conciencia en los problemas ambientales que acarrea el consumo indiscriminado de energía para la climatización artificial. Dice V.A. Fuentes Taixanet (2004) al respecto <sup>(1)</sup>:

En los climas cálidos y húmedos es necesario aprovechar al máximo las brisas exteriores, de manera de hacerse totalmente permeable al viento. Se busca lograrlo tanto por debajo del piso, por los muros y por la cubierta [...].

En los climas fríos, en cambio, es indispensable evitar al máximo las infiltraciones del aire exterior. El iglú es un buen ejemplo del control del frío viento polar, mediante cambios de nivel y cámaras esclusas. La propia forma semiesférica ayuda a conseguir este control, exponiendo la mínima superficie propia de la semiesfera al ambiente exterior. Así, es posible lograr aumentar hasta en 30°C la temperatura exterior [...]. Estas sencillas soluciones de la arquitectura vernácula han sido inspiradoras de soluciones contemporáneas utilizando dichos recursos: torres eólicas para canalizar los vientos hacia el interior, ventilaciones naturales cruzadas y celosías permeables que protegen de la radiación solar, captación de aire fresco de las zonas arboladas aledañas al edificio, dobles fachadas ventiladas que regulan el aire y viento exteriores, combinadas con patios centrales para disipar el aire caliente.

El viento ha sido uno de los recursos más importantes, captándolo, evitándolo ó controlándolo. Hoy, esas sencillas soluciones vernáculas han inspirado muchos proyectos contemporáneos.



4 - Corte Centro Cívico Nueva Caledonia, Renzo Piano

Indudablemente, en los climas extremos las soluciones arquitectónicas toman un sesgo climático más acentuado, determinando una mayor ó menor compacidad de la planta, el uso de materiales especiales, y el diseño de transiciones (aleros, galerías, pérgolas, etc.) o protecciones adicionales a la envolvente (techos de sombra, esclusas, agua y vegetación asociada, etc). En situaciones intermedias de climas compuestos como el nuestro, las condicionantes climáticas no son tan claras y rotundas, dejando abiertas más posibilidades y una libertad de diseño mucho mayor. Pero en todos los casos, la actitud de aprovechar recursos genuinos de diseño para encausar los fenómenos climáticos sin derroches de energía constituye un punto de partida valioso, calificando la arquitectura así conseguida.

## Sustentabilidad

La consideración del clima en el Diseño Arquitectónico adquiere cada vez más importancia conceptual, a partir de la conciencia en los problemas ecológicos y sociales que está acarreado el consumo indiscriminado de energía –fundamentalmente en los países centrales– con instalaciones de aire acondicionado, iluminación y ventilación artificial, instalaciones termomecánicas complejas, etc.

### Forma y contexto

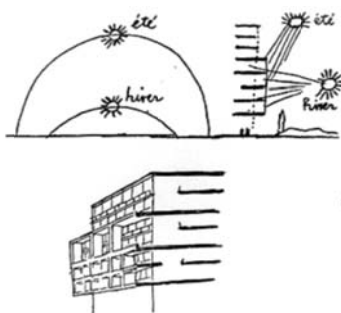
Al respecto, Christopher Alexander plantea polémicamente que “un problema de diseño no es un problema de ‘optimización’; por lo que hace a los requisitos, solo importa satisfacerlos en un nivel que baste para impedir el desajuste entre forma y contexto”.<sup>(2)</sup> De acuerdo con este concepto, el objetivo del acondicionamiento ambiental no debería ser el de lograr el confort absoluto a cualquier costo, sino lograrlo en un nivel que sea ecológicamente compatible con el mantenimiento del equilibrio del medio ambiente. Pero el uso abusivo de la tecnología para climatización artificial puede llegar a comprometer seriamente dicho equilibrio resolviendo la climatización dentro de una “caja hermética”, sin relación alguna con el contexto.

### Confort y medio ambiente

Así, el problema de la sustentabilidad debe ser analizado desde un enfoque ideológico y uno técnico. Como problema técnico implica hacerse de la información adecuada para aplicarla en los proyectos, pero el problema ideológico es central, pues involucra la propia concepción de la Arquitectura que hacemos; teniendo en cuenta que la principal razón de ser de la envolvente debería su contenido, quizás lo que haga falta es más imaginación para pensar cómo vivir de modo diferente.

En efecto; resulta evidente que antes de tratar de comprimir el clima en un “corset tecnológico universal” sería más inteligente tratar de convivir con la naturaleza, tratando de sacar partido de la dinámica natural de los fenómenos climáticos. Un ejemplo notable de esa filosofía de diseño lo dio Le Corbusier, cuando –discutiendo sobre la movilidad de los parasoles del Ministerio de Educación de Río de Janeiro– exclamó: “Es el sol el que se mueve; el parasol debe permanecer quieto”.

No se trata de lograr el confort a cualquier costo, sino en un nivel compatible con el ambiente. Antes de comprimir el clima en un “corset tecnológico”, sería mejor intentar convivir con la Naturaleza.



5 - Croquis de Le Corbusier.



6 - Edificio administrativo en Cuba.

Con esto no estamos planteando un retorno a románticos pasados pre-industriales sino a la práctica de un diseño autónomo, alejado de la idea de lograr el confort a cualquier costo. Tal como dice Vladimiro Acosta, “no se puede hacer genuina arquitectura moderna tan solo como fruto de la imitación, sin fuertes raíces locales <sup>(3)</sup> y una de esas raíces más auténticas y permanentes es la relación entre los modos de vida y el clima del lugar, basada en un buen asoleamiento, una ventilación e iluminación naturales, el uso generoso de las expansiones a espacios exteriores, el cuidadoso diseño de las transiciones entre exterior e interior, la elección de materiales adecuados, etc.

### **III.2.2. Climas y modos de vida**

En consecuencia, trataremos de visualizar cómo ciertos rasgos fuertemente identitarios de los modos de vida de cada región pueden explicarse por su ajuste a las condiciones climáticas del lugar. Para ello analizaremos cómo se resuelven en distintos tipos de clima cuatro aspectos de diseño, expansiones, transiciones, asoleamiento y ventilaciones, de gran incidencia en la conformación de las maneras de vivir de las comunidades allí afincadas.

#### **Clima cálido y húmedo**

##### **Clima**

- Baja amplitud térmica (< 14° C de diferencia entre día y noche).
- Precipitaciones intensas.
- Vegetación abundante.
- Alta radiación solar.
- Nubosidad media.
- Alta luminosidad.

##### **Modo de vida**

- Los habitantes viven al exterior la mayor parte del día, e incluso duermen afuera por la baja amplitud térmica, que al no generar mayores diferencias de temperatura entre el día y la noche impide el normal descanso y recuperación.
- Las precipitaciones intensas hace que sean muy requeridos espacios semi-cubiertos bien ventilados, que permitan estar al fresco, al abrigo del sol y de las lluvias.
- El movimiento del aire es fundamental, por lo que es recomendable lograr ventilación cruzada y capturar las brisas frescas para los ambientes principales.
- Es bienvenida la vegetación abundante y frondosa, pues brinda una cantidad de beneficios: El árbol filtra la luz del sol, baja la temperatura por evaporación, permite el paso de las brisas y reduce la luminancia de los cielos.
- En cuanto al asoleamiento, se requiere evitar el sol del oeste y el directo en verano.

### “VIVIR AFUERA”



7 – Puri: Hamaca y paraviento , (Brasil)

### “TOMAR EL FRESCO”



8 - Costanera, de Bahia (Brasil) - foto JRG

### “PRODUCIR SOMBRA”



9 - Escuela de Bellas Artes La Habana Cuba.

### “CAPTURAR BRISAS”



10 – Casa de Bambú en Costa Rica

## Clima templado y húmedo

### Clima

- baja amplitud térmica ( $< 14^{\circ}$  de diferencia entre día y noche).
- precipitaciones frecuentes.
- vegetación abundante.
- verano e invierno marcados, no rigurosos.
- alto nivel de humedad.
- alta nubosidad.

### Modo de vida

- El habitante entra y sale continuamente, y a menudo duerme fuera, acosado por la baja amplitud térmica. Patios, fondos, jardines, pérgolas son muy apreciados de la misma manera que los efectos benéficos de la vegetación descriptos más arriba. Los inviernos



- si bien marcados- no son rigurosos ni largos. De todos modos, es necesario garantizar al menos dos horas de sol en los principales ambientes.
- Asimismo, es recomendable lograr ventilación cruzada para mitigar la condensación en invierno y capturar las brisas frescas para los ambientes principales en el verano, ciertos días de otoño y primavera donde el aire no se mueve. Es necesario evitar las infiltraciones de aire en los inviernos.
- Lluve copiosamente, por lo que son necesarios aleros, galerías, semi-cubiertos donde buscar el fresco al mismo tiempo que proteger los cerramientos de la lluvia y del abundante sol. Al igual que en el caso anterior, la vegetación ayuda mucho a mejorar el clima.

#### “ENTRAR Y SALIR”



11 - Casa en Gonnet, semicubierto

#### “TOMAR EL FRESCO”



12 - Casa en Gonnet , semicubierto

#### “CONTROLAR EL SOL”



13 - Casa en Gonnet – Fachada

#### “DEJAR PASAR EL AIRE”



14 - Casa en el Delta

### Clima cálido y templado seco

#### Clima

- Gran amplitud térmica (>14° de diferencia entre día y noche).
- Precipitaciones estacionales.
- Vegetación magra.

- Alta radiación solar.
- Baja nubosidad, cielo azul profundo.
- Viento abrasador con polvo en suspensión.
- Luz solar intensa, directa y reflejada.

### **Modo de vida**

- La radiación solar trae luz y calor al mismo tiempo en grandes cantidades; un patio interno sombreado sirve como amortiguador de esa luz intensa, proveyendo luz reflejada a los ambientes interiores por medio de pequeñas aberturas.
- Asimismo, estos patios reguladores brindan protección contra el viento abrasador, el polvo y la luz solar intensa mediante jardines con zonas de sombra, estanques que humectan el aire, pérgolas y árboles, complementado con colores reflejantes de la luz en las superficies exteriores.
- A la inversa de los casos anteriores, el habitante busca en verano la protección del calor en interiores más oscuros y frescos, que permanecen cerrados durante el día para evitar el ingreso de calor y se abren para aprovechar el fresco de la noche, en virtud de la gran amplitud térmica

#### **“PRODUCIR SOMBRA”**



**15 – Galería en Catamarca**

#### **“PROTEGER DEL VIENTO”**



**16 - Patio en Andalucía**

#### **“HUMECTAR EL AIRE”**

#### **“TAMIZAR LA LUZ”**



**17 - Estanque y pabellón de la Alhambra**

## Clima frío

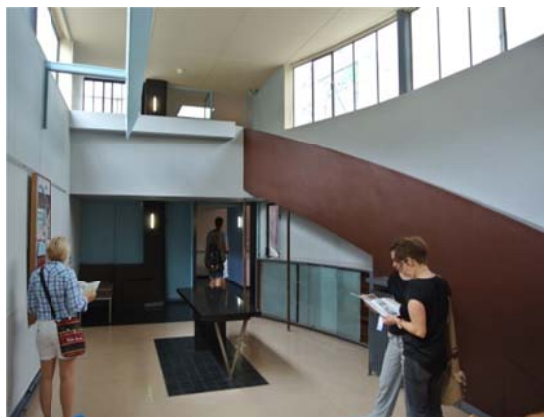
### Clima

- Frío todo el año.
- Lluvias y nevadas.
- Recurso solar escaso.
- Poca luminosidad.
- Alta nubosidad.
- Frecuentes vientos fuertes.

### Modo de vida

- El habitante vive fundamentalmente en el interior de la vivienda, en el que vuelca todos sus cuidados. Es necesaria una fuerte aislación, la producción de calefacción y un aventanamiento hermético para evitar las pérdidas de calor por conducción y por infiltraciones de frecuentes y fuertes vientos fríos. Para ello son muy comunes, por ejemplo, esclusas, galerías vidriadas o invernaderos, orientados al NE-N-NO por el viento.
- Asimismo, es muy apreciada la presencia de sol y la abundante luminosidad en los ambientes interiores por sus efectos psicológicos sobre el habitante, habida cuenta de la interioridad del modo de vida, la escasez de sol y una bóveda celeste muy nubosa. De todos modos las aberturas, salvo al norte, debe ser lo más reducidas posible.
- La vegetación, que suele ser escasa, es muy necesaria como barrera de protección y deflexión de los fuertes vientos.

#### “VIVIR ADENTRO”



18 - Interior – Maison La Roche – L-C

#### “GRADUAR EL ACCESO”



19– Iglú

**“CAPTURAR LA LUZ”**



**20** – Ville Savoie – Estar y patio – L-C

**“PROTEGER DEL VIENTO”**



**21** - Barrera de álamos – calafate

# Capítulo IV

## Construir

### IV.1. Los materiales de arquitectura

#### IV.1.1. Mampuestos

##### ARGUMENTO

No se trata de uno solo sino de un conjunto de materiales solo aptos para la compresión. Su origen orgánico ó inorgánico ha definido su permanencia y trascendencia social. Materiales y mano de obra lugareñas han provisto una variada una técnica universal. Los mampuestos han caracterizado la arquitectura popular como quizás ningún otro material.

##### Condicionamientos estructurales

El muro de carga es el encargado de sostener, definir el espacio y aislarlo del exterior, determinando sobre la planta trazas lineales continuas, tanto de sostén como de cierre.

La necesidad de garantizar la rigidez ante empujes horizontales lleva a la caja muraria, que con la inercia así conseguida contrarreste la posible acción de fuerzas horizontales.

##### Condicionamientos constructivos

Su ejecución por simple apilamiento manual es sencilla y no exige herramientas especiales: control del aplomo y trabazón entre mampuestos, disposición de juntas de acuerdo a aparejos; distribución pareja del mortero de asiento y asegurar la cohesión para transmitir compresión.

Su ejecución que confiere a la mampostería el carácter de obra húmeda realizada *in situ*, caracterizada por una falta de limpieza y prolijidad transitorias y una duración prolongada.

##### Consecuencias arquitectónicas

##### Como sostén

Las pirámides, con el apilamiento según la ley de gravedad como expresión de eternidad.

La columnata griega, un tamiz entre el adentro y el afuera en correlación con el rito religioso.

Los arcos, bóvedas y cúpulas romanas como expresión de la voluntad de poder humanas.

La racionalidad del gótico, absorbiendo los empujes laterales en búsqueda de la luz.



### Como cerramiento

El muro separa y une, cualificando los vínculos con el exterior mediante vanos, con acciones que se intensifican a medida que aumenta su tamaño (mirar, pasar, expandir): el muro como trazas que cierran y abren, proyectándose hacia el exterior (Mies van de Rohe) o relaciones complejas entre muro y vano, límite y marco, sostén y cerramiento en Le Corbusier.

### Origen del mampuesto

Después que el hombre abandona las cavernas, las primeras edificaciones primitivas fueron construidas mediante *mampuestos* con una técnica que en el inicio era el simple apilamiento de piedras, ladrillos de barro y otros materiales que se encontraban en el lugar. Seleccionándolas una a una para que el conjunto tenga estabilidad sin emplear ninguna mezcla de unión, se empleaban piedras pequeñas, llamadas ripios, para acuarlos y rellenar los huecos entre ellos. Luego, a medida que el hombre evoluciona busca darle al muro una mayor estabilidad, interponiendo entre mampuesto y mampuesto (originalmente piedras sin labrar en estado natural), una mezcla de aglomerantes inorgánicos que, al endurecer, den cohesión y rigidez al conjunto.

Es un conjunto de materiales (naturales y/o artificiales) solo aptos para la compresión, orgánicos (tierras vegetales) e inorgánicos (piedras naturales).



1 - Chozo de piedra.



2 – Antigua Mastaba.

### Permanencia y trascendencia

Por lo tanto, no podemos hablar en rigor de un solo material, sino de un conjunto de materiales (naturales y/o artificiales) signados por un desarrollo técnico-histórico particular en una localización geográfica específica. Los materiales que han sido utilizados como mampuestos fueron esencialmente de origen natural, orgánicos (tierras vegetales) e inorgánicos (piedras naturales), características que han definido a lo largo del tiempo tanto su *permanencia* como su *trascendencia social*. En efecto; Los edificios populares construidos con materiales de fácil obtención, accesibles y abundan-



tes en la naturaleza como las tierras vegetales combinadas con agua (adobe), sufrieron el paso del tiempo y casi no queda registro de ellos. Pero no ocurre lo mismo con los edificios del poder y la nobleza (palacios, edificios religiosos, templos funerarios, etc.) que, contruidos con materiales nobles y duraderos (piedras naturales labradas) fueron considerados oficialmente como Arquitectura; sus acabados y brillos fijaban su valor social.

Sus diversos orígenes han definido tanto su permanencia como su trascendencia social, caracterizando las arquitecturas populares como quizás ningún otro material de construcción.



3 - Chacra Catamarqueña en ruinas



4 - Idem anterior

Materiales nobles y eternos en edificios funerarios, palacios templos, fijaron su valoración social.



5 - Palacio de Versailles, 1661-1691, Francia.

## Muro, vano y caja muraria

Esta técnica de simple apilamiento de mampuestos crea *el primer elemento arquitectónico básico, el muro de carga*, encargado de sostener el techado, definir un espacio y aislar y proteger del exterior. El muro de carga, realizado con un material solo apto para la compresión, de-

termina sobre la planta arquitectónica trazas lineales continuas, *portantes*, si funcionan como *sostén*, o *tabiques*, si funcionan como *cerramiento*.

La necesidad de garantizar la rigidez de la estructura ante empujes horizontales (que introducirían tensiones de tracción incompatibles con la aptitud resistente, tanto del mampuesto como del muro), lleva a vincular los muros portantes con los tabiques perpendiculares de forma de conformar la llamada *caja muraria*, que contrarreste con la inercia así conseguida la posible acción de fuerzas horizontales. Por ello, en toda la arquitectura muraria tiende a predominar la constitución de recintos, una relativa independencia del interior respecto del exterior, la presencia de límites muy marcados y direcciones dominantes en el fluir espacial.

Muro y vano: juego geométrico de planos y rítmico de huecos sobre un fondo lleno.



6 - Casa Schröder, Rietveld, 1924, Utrecht



7 – Capilla Ronchamp, interior - Le Corbusier

El muro tiene la característica de separar, pero a la vez unir con el exterior, cualificando los vínculos a través de la forma, medida, y tratamiento de perforaciones llamadas vanos. Éstos nos permiten mirar, pasar, expandir, etc., acciones que se van intensificando a medida que el vano aumenta de tamaño. Así, la relación proporcional entre el muro y el vano *cualifica las relaciones interior-exterior*, transformándose en un hecho plástico de primera magnitud, al permitir el juego geométrico de planos y el rítmico de huecos y perforaciones sobre un fondo lleno.

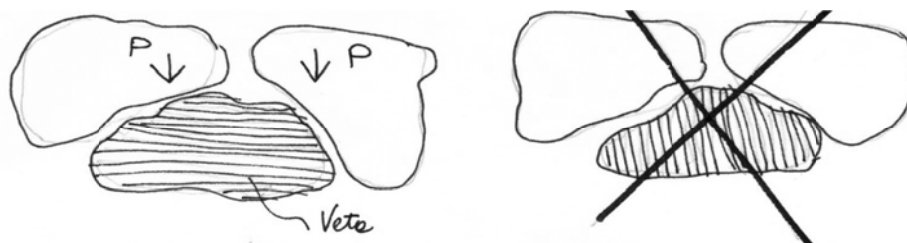
Pero existe entre muro y vano una *relación contradictoria*; a medida que el vano se amplía (sobre todo en horizontal), la función portante del muro tiende a anularse, y se hace necesario una estructura que canalice puntualmente la descarga de las fuerzas interrumpidas hacia el suelo.

## Condicionamientos estructurales

### Resistencia

Los mampuestos son materiales aptos para ser sometidos únicamente a compresión. Su resistencia a la tracción es menor al 10% de la resistencia a compresión, y por ello, no es apto para trabajar al corte ni a la flexión. Por la misma razón, no es apto para trabajar al pandeo (flexión lateral). La posibilidad de que se produzca el efecto de pandeo depende de la esbeltez del muro, es decir de la relación entre su grosor y la altura, dando como resultado el característico grosor y pesantez de las mamposterías.

Su resistencia varía según la dirección de las fuerzas en la que es exigido. Será máxima cuando su sollicitación sea perpendicular a la dirección de sus capas o vetas.



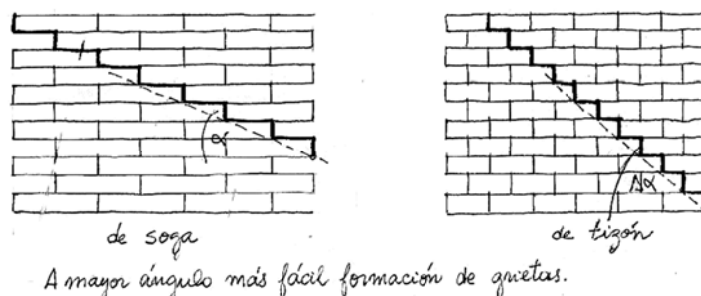
8 – Anisotropía de la piedra

### Anisotropía

Se considera al mampuesto como un material compuesto, heterogéneo, y anisótropo, es decir, un material cuya resistencia varía según la dirección de las fuerzas en la que es exigido, donde tanto la resistencia de cada mampuesto como la del muro dependen de su proceso (natural o artificial) de constitución. Por ejemplo las piedras, ladrillos, bloques, etc. son conformados natural o artificialmente por compresión, por lo que su resistencia será máxima cuando su sollicitación sea perpendicular a la dirección de sus capas o vetas.

A su vez, las juntas del mortero actúan como planos de debilidad, dando lugar a tres ejes principales de anisotropía, dos en el plano del panel y el tercero perpendicular a dicho plano.

Las juntas actúan como planos de debilidad, dando lugar a tres ejes principales de anisotropía

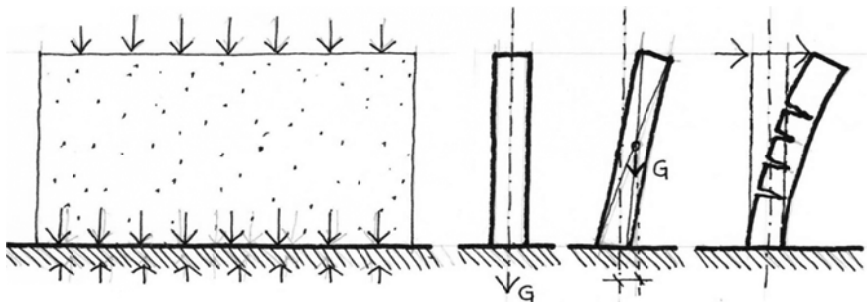


9 – Juntas en la mampostería.

### Distribución de la carga

Las razones anteriores, sumadas a la falta de homogeneidad del material y su forma manual de ejecución, etc., hacen que su mayor eficiencia estructural radique en la repartición uniforme de la carga a lo largo de un desarrollo lineal.

Su mayor eficiencia estructural radica en la repartición uniforme y lineal de la carga



10 – Muro de carga.

Si bien puede admitir cargas concentradas sobre pilares, estos deben tener la suficiente sección para absorber las cargas y evitar el efecto de pandeo y la consiguiente aparición de tensiones de tracción. Sus limitaciones a tracción y corte hacen que sólo admita cargas verticales simplemente apoyadas, sin empotramiento

### Arrostramiento

Por último, debe asegurarse la rigidez de la estructura ante la aparición de esfuerzos horizontales mediante su arrostramiento horizontal, siendo importante a estos efectos la colaboración de las trabas con muros perpendiculares, origen de la llamada caja muraria.

Asegurar la rigidez de la estructura ante esfuerzos horizontales mediante el efecto caja.



11 - Ruinas de Machu Pichu – Cuzco, Perú



## Evolución

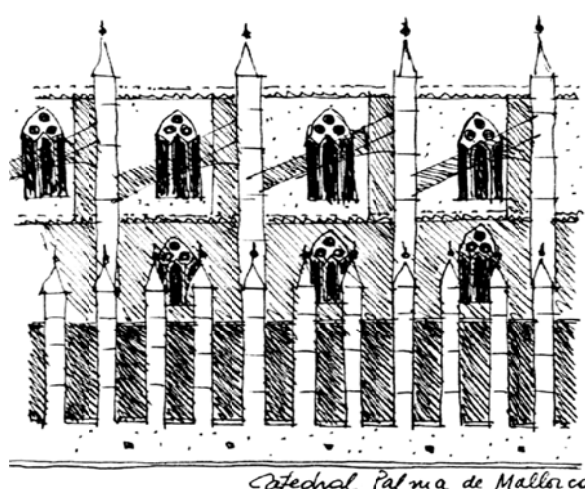
La arquitectura gótica cambió completamente el concepto del muro, con la aparición de los contrafuertes exteriores (muro exterior usado para transmitir cargas transversales) y los arbotantes (elemento estructural exterior con forma de medio arco que recoge la presión en el arranque de la bóveda y la transmite a un contrafuerte).

El resultado de esta innovación, al dejar a la mayor parte de los muros sin función sustentante y con un espesor menor (confiada a esbeltos pilares y baquetones), inicia el pasaje desde la caja muraria a la estructura independiente, en búsqueda de mayores superficies libres para dejar pasar la luz.

Estas innovaciones inician el pasaje de la caja muraria a la estructura independiente.



13 – Arbotantes: Notre Dame – París



12 - Catedral de Palma de Mallorca, España

## Condicionamientos aislantes

Los condicionamientos estructurales anteriores –en particular la repartición lineal de la carga y el espesor necesario para evitar el pandeo– tienen como resultado tácito que la función aislante del muro quede cumplida con creces por el espesor necesario para la función de Sostén. No obstante, es conveniente dejar asentadas aquí algunas propiedades específicamente aislantes derivadas de la propia estructura molecular del material a utilizar:

### Porosidad

La cantidad de vacíos que contiene el material en su interior, que retardará el pasaje del calor (por conducción) en proporción directa a la cantidad de vacíos que contiene. Asimismo, es importante para aumentar la Absorción del sonido.

## Estructura capilar

La presencia de vasos capilares y su comunicación con el exterior, es decisiva para la impermeabilidad. Aquellos materiales que sean permeables al agua deben ser protegidos por revoques y pinturas para evitar su degradación.

## Densidad y peso específico

Aumentan la velocidad de pasaje del calor, pero mejoran sustancialmente la aislación sonora al ofrecer mayor resistencia a las vibraciones. Además, contribuyen con mayor dureza para resistir al desgaste y ofrecen más resistencia a la penetración del agua.

## Condicionamientos constructivos

Los diversos mampuestos disponibles han caracterizado con sus atributos (textura, color, formas de ejecución, etc.) las arquitecturas populares como quizás ningún otro material de construcción. Constituyendo verdadera una tradición constructiva, materiales y mano de obra lugareña han provisto una variada gama de elementos constructivos y una técnica “universal” que, desde las primeras piedras naturales sin labrar hasta los últimos ladrillos cerámicos y bloques cementicios han asegurado una obra integrada al medio ambiente natural y urbano.

## Piedras

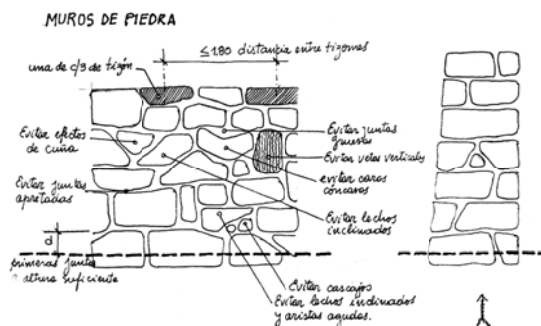
La piedra para construcción se extrae de las canteras, establecimientos de explotación que aprovechan los yacimientos existentes dados por la geografía. Las sedimentarias, anisótropas, son las más abundantes y utilizadas en cantidad. Las piedras pueden ser:

Igneas: conformadas por enfriamiento y solidificación del magma, ej. granito.

Sedimentarias: surgen de la acumulación geológica de rocas anteriores cohesionadas en capas geológicas por cementación natural, ej.: ónix, mármol, travertinos.

Metamórficas: son viejas rocas sedimentarias muy transformadas por efectos de grandes y altas temperaturas, ej.: algunos mármoles.

Es importante contar con una mano de obra calificada y disminuir la distancia de acarreo.



## 14 - Mampostería de piedra



Por su peso excesivo y su dificultad de manipulación, la construcción de muros de piedra requiere de algunas condiciones especiales. Por ejemplo, es importante contar con una *mano de obra calificada* y disminuir en lo posible la distancia de acarreo. Según su utilización final en obra los muros de piedras pueden ser de piedras rústicas, irregulares, o labradas (cortadas en talleres).

Por su resistencia al desgaste, su posibilidad de pulidos, brillo y apariencia estética, las piedras son utilizadas selectivamente como revestimientos, pisos, mesadas (Granitos y mármoles), etc.

### **Ladrillos comunes de arcilla cocida**

Los ladrillos de arcilla cocida son quizás los elementos de construcción más usados como mampuestos. Estas tierras vegetales o arcillas amasadas con agua forman una pasta que es moldeada en piezas de unos 5 x 12 x 26 cm, primero secado al aire y luego horno a 1000°C aproximadamente. El exceso de cocción lo vitrifica y pierden porosidad, y por lo tanto capacidad de aislación térmica. Muy aptos para la realización de distintos tipos de muros, tantos portantes como tabiques divisorios, los espesores derivan de las medidas del ladrillo y sus posibles combinaciones de trabas.

Ladrillo común: Moldeado y compactado a mano, uno por uno en moldes de madera, (producción ancestral).

Ladrillo de máquina: Lo provee la industria, están ejecutados con máquinas compactadoras, son muy regulares, resistentes y de forma homogénea.

Ladrillo semi-máquina: Compactados a máquina en forma de tiras continuas, seccionados en forma transversal.

Ladrillos de arcilla cocida: elementos de la construcción más usados como mampuestos.

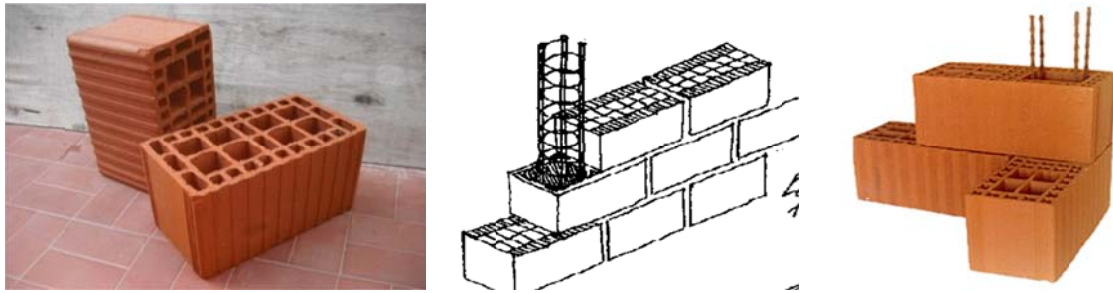


**15** – Confección de diversos ladrillos de arcilla cocida

### **Ladrillos huecos cerámicos portantes**

Los ladrillos huecos portantes han sido pensados para recibir cargas estructurales, mediante celdas que están en el mismo sentido de la transmisión de cargas y más juntas en los laterales que en el centro, a fin de evitar exponer al material al esfuerzo de flexión.

Ladrillos huecos portantes: han sido pensados para recibir cargas estructurales.



16 – Ladrillo hueco cerámico portante.

La disponibilidad de estos ladrillos es de 12 cm de espesor (para muros terminados de 15 cm) y de 18 cm de espesor (para muros de 20 cm). También existen piezas con alojamientos para refuerzos de H<sup>º</sup>A<sup>º</sup>.

### **Ladrillos cerámicos huecos no portantes**

Diseñados para tabiques y muros no portantes, (cerramiento) su función es básicamente aislante. La cantidad de agujeros depende del espesor del tabique al que sea destinado.

Para tabiques y muros no portantes, (cerramiento) su función es básicamente aislante.

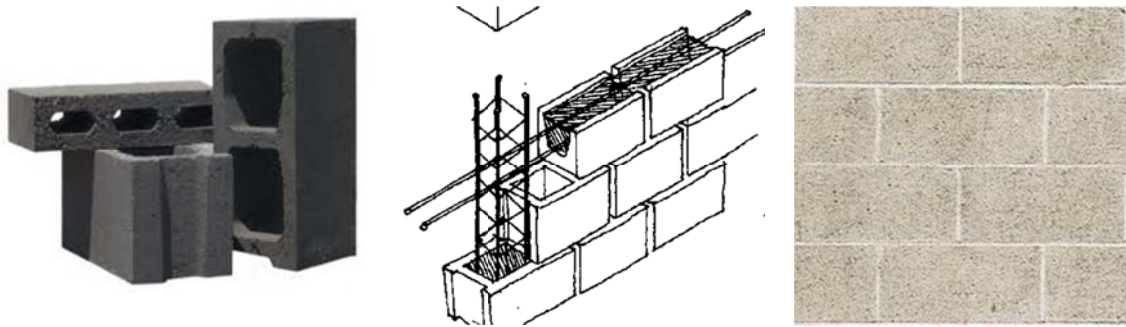


17 – Ladrillo hueco cerámico no portante.

### **Bloques de Hormigón**

Están constituidos con arena, conchilla, o grava (piedra partida fina), cemento y agua. Comprimidos a máquina y moldeados según formas y dimensiones, tienen una buena capacidad de resistencia a compresión debido a la presencia del cemento, siempre y cuando hayan sido bien compactados.

Los bloques de cemento tienen una buena resistencia a compresión debido al cemento.



18 – Bloques de Cemento

Al igual que los ladrillos cerámicos dejan celdas en su interior, para mejorar su capacidad térmica. El cemento colabora también en la aislación hidráulica, pero las juntas son el punto débil ya que ahí tienen un alto índice de conductibilidad térmica, lo que hace problemática su capacidad de aislación, por lo tanto conviene revocarlo de las dos caras para que no condense en su cara interior. Hay piezas especiales para encadenados, dinteles, antepechos, medios bloques. Las medidas son de 10cm x 19cm x 39cm, 13cm x 19cm x 39cm, 19cm x 19cm x 39cm.

### Técnicas de unión

Al principio el mampuesto era solo un simple apilamiento, después surge la necesidad de darle cohesión y rigidez al conjunto murario mediante la interposición entre mampuestos de un *lecho de mortero*, constituido con una mezcla de arena, cemento o cal y agua en proporciones diversas, de acuerdo a la fortaleza requerida por la unión. Este *mortero de asiento*, que tiene entre 1,5 y 2cm de espesor, distribuye las cargas mampuesto a mampuesto y permite la ligazón principalmente para los esfuerzos de pandeo, corte, esfuerzos perpendiculares o laterales al plano de la pared.

Lecho de mortero, colchón que reparte tensiones y evita el contacto directo de mampuestos.



19 - Colocación de mortero y ladrillos.

Para evitar que el ladrillo absorba el agua de la mezcla, conviene mojarlo antes de colocarlo, dado que de esta manera no se desequilibra la composición de la mortero. Se debe contro-

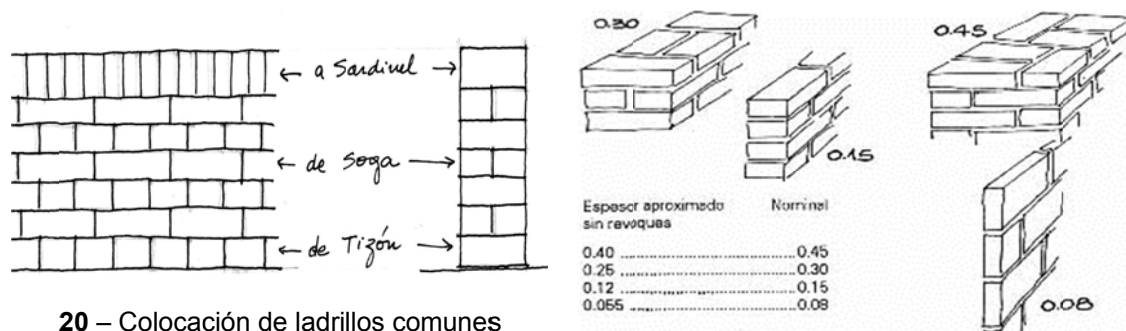
lar la horizontalidad de cada hilada mediante regla y nivel, como así también la verticalidad mediante la plomada.

Asimismo, requieren frecuentemente la aplicación de diversos recubrimientos llamados revoques (aislantes, emparejamiento, acabado, etc.) de acuerdo a la naturaleza de los distintos mampuestos que se hayan utilizado.

### Aparejamiento y montaje

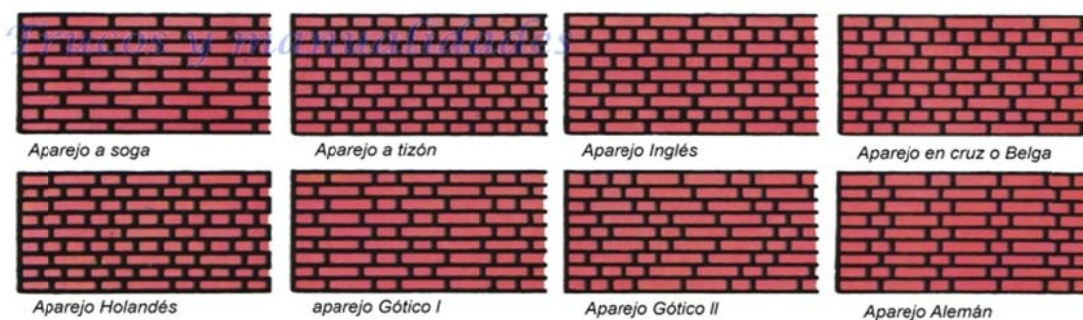
Su ejecución por simple apilamiento manual, realizada por un albañil y ayudante, (salvo las piedras naturales, que requieren de mano de obra especializada, cortes, pulido, labrado en taller, etc.) es sencilla y no exige herramientas ni equipos especiales, salvo el control del aplomo y trabazón entre mampuestos (tanto longitudinal como transversalmente), así como cruces, ángulos y enlaces, la disposición cuidada de juntas de acuerdo a determinados aparejos y la distribución pareja del mortero de asiento, que asegura la cohesión y garantiza el contacto pleno de los mampuestos para transmitir compresión.

Exige aplomo, trabazón entre mampuestos y distribución pareja del mortero de asiento.



20 – Colocación de ladrillos comunes

Disposición de las juntas de piezas en diferentes combinaciones para garantizar la trabazón.



21 – Distintos Aparejos



Diversas maneras de trabar, generando texturas y tratamientos de luz y de sombras en el muro.



22 – Muros de ladrillo a la vista

### Revoques y acabados

Los muros requieren frecuentemente la aplicación de diversos *revoques* (aislantes, de emparejamiento, de acabado, etc.) de acuerdo a la naturaleza de los diversos mampuestos a utilizar, según se detalla a continuación:

Revoque impermeable o azotado: se aplica a cuchara con una mezcla rica en cemento, más el agregado de un impermeabilizante plástico.

Revoque grueso o jaharro: empareja y aploma la superficie, hecho a base de cal, se aplica tanto en el exterior como en el interior.

Tanto el revoque impermeable o azotado, como el revoque grueso o jaharro están conformados por aglomerantes hidráulicos que no requieren de la presencia del aire para fraguar.

Revoque fino o enlucido: tiene un espesor entre 2 y 3 mm, se aplica en el exterior e interior, realizado habitualmente con cal aérea (aglomerante aéreo que requiere de la presencia del aire para fraguar).

En los interiores si se desea mayor acabado, se utilizan revoques a base de yesos o los denominados estucos, realizados con yesos especiales.

Para los revoques exteriores expuestos a las inclemencias del clima, existen revoques preparados previamente en fábrica, con diversos productos que dan mayor aislación, una gran capacidad elástica al muro y una perfecta terminación evitando las pinturas exteriores.

La apariencia del muro de mampuesto puede ser muy diversa, debido a las distintas texturas que se pueden lograr a partir del material de acabado.

Elocuencia figurativa de la textura - Composición abstracta de planos perfectos.



23 - Casa en Brasil



24 - Casa Schröder, Utrecht – G. Rietveld

## Proceso constructivo

Todas estas condiciones de ejecución confieren a la mampostería el carácter de obra húmeda realizada *in situ*, caracterizada por una falta de limpieza y prolijidad transitorias y una duración prolongada. Con vistas a la mayor racionalización posible del material utilizado es posible prever la coordinación modular del proyecto en base a sus medidas estandarizadas, previendo trabas, juntas, encuentros con otros muros u otros elementos (carpinterías, antepechos, dinteles, etc.) a fin de no desperdiciar material. En todos los casos, El mampuesto utilizado sirve como unidad mínima de medida.

## Consecuencias arquitectónicas

A lo largo de la historia, la arquitectura nos brinda valiosos ejemplos de cómo compatibilizar los condicionamientos técnicos propios del mampuesto con las intenciones arquitectónicas:

### Como sostén

- Las pirámides, siguiendo el principio del apilamiento según los dictados de la ley de gravedad en grado absoluto; la tectonicidad máxima, expresión de estática eternidad.
- La extrema racionalidad de la catedral gótica, que mediante la invención del contrafuerte busca absorber los empujes laterales fuera de la planta, permitiendo aligerar el muro y abrirse hacia la luz.
- El curioso “error” estático de los templos griegos, que con sus dinteles de piedra (no aptos para flexión) obligan a una sucesión de columnas muy juntas, creando un inédito elemento de transición interior-exterior: el muro virtual, tamiz entre el estar adentro y el estar afuera.

Las pirámides, siguiendo el principio del apilamiento como expresión de estática eternidad.



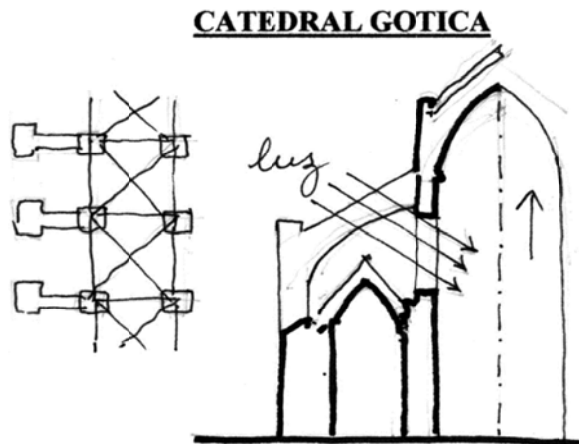
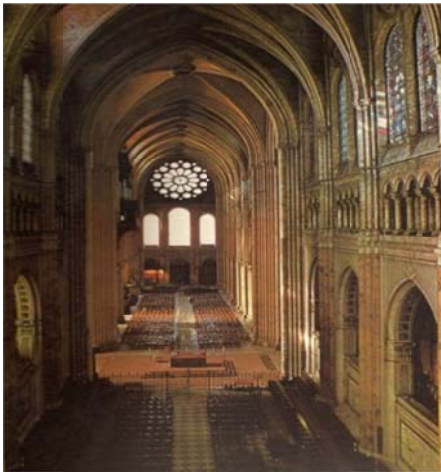
**25-** Pirámides egipcias



**26 -** Pirámides aztecas



La catedral gótica, absorbiendo con contrafuertes los empujes laterales en búsqueda de la luz.



27 - Basílica de Notre Dame, 1345, París, Francia

La columnata, creando un tamiz entre el adentro y el afuera en función el rito religioso.



28 - Paestum, Templo de Hera.

### Como cerramiento

- Las magistrales lecciones sobre las relaciones (complejas y diversas) entre muro y vano, límite y marco, sostén y cerramiento, que nos da Le Corbusier en La Ville Savoie, La casa del Lago Lemán para su madre, o en la Villa Mathes.
- O las igualmente magistrales de Mies en sus casas con patio o en el Pabellón de Barcelona, sobre el valor del muro como trazas que simultáneamente cierran y abren, limitan y proyectan el interior hacia el exterior.

Las relaciones complejas y diversas entre muro y vano, límite y marco, sostén y cerramiento.



**29** - Ville Savoie, Poissy, 1927. Paris – Le Corbusier

Los muros como trazas que cierran y abren, limitan y proyectan el interior hacia el exterior.



**30** - Pabellón de Barcelona – Mies Van de Rohe

#### **IV.1.2. Maderas**

### **ARGUMENTO**

La madera ha aportado desde siempre el material de flexión necesario para las cubiertas. Las características de sus raíces, implante de su ramaje, tala, transporte, estacionado, etc. definen sus propiedades de acuerdo a las zonas donde prospera

#### **Condicionamientos estructurales**

A la tracción resiste más que a compresión y a flexión un promedio entre ambas. Su resistencia es mayor si el esfuerzo se aplica en dirección paralela a las fibras (anisotropía). Por su origen

natural, los largos disponibles están limitados de acuerdo al tipo de árbol. Para luces mayores, debemos apelar a la estructuras trianguladas (cabriadas y reticulados).

### **Condicionamientos constructivos**

La linealidad de sus piezas impone una lógica de entramado, sucesión de capas superpuestas cruzadas de distinto rango según jerarquías portantes. La repetitividad de sus elementos lineales exige una rigurosa sistematizar su modulación.

### **Consecuencias arquitectónicas**

La coordinación geométrica y modular de sus medidas, así como también el montaje en seco, permiten sencillas intervenciones de cambio, adaptabilidad y crecimientos.

Son antecedentes ilustres de esta tecnología, de importancia decisiva en el hábitat popular. La casa popular japonesa, realizada con elementos muy livianos de madera, esterilla, papel. El braced frame europeo, una estructura independiente de columnas y vigas de gran porte. El balloon frame americano, resolviendo la producción de viviendas con la industrialización.

## **Origen**

Como material natural disponible en abundancia, la madera ha estado desde siempre aportando el material de flexión necesario, particularmente para la resolución de cubiertas. Esto ha sido así hasta tal punto que huellas formales de su uso ancestral han quedado incorporadas al tratamiento decorativo de los templos griegos, visible en sus frisos longitudinales (triglifos), y de las arquitecturas de piedra en toda Asia, (templos y palacios del Japón, India, etc.). A su vez, primitivas construcciones de forma abovedada de bambú (en Nueva Guinea; en Irak), como manojos de cañas gigantes trabajando a tracción desde su arranque hasta la clave, pueden haber inspirado, invirtiendo su trabajo de flexión por compresión, las primitivas estructuras en arcos de ladrillo y piedra posteriores.

Ha aportado desde siempre el material de flexión necesario, en particular para las cubiertas. Huellas formales de su uso han quedado incorporadas a la decoración de los templos griegos.



1 - Detalle Templo de Hera, Agrigento, Sicilia



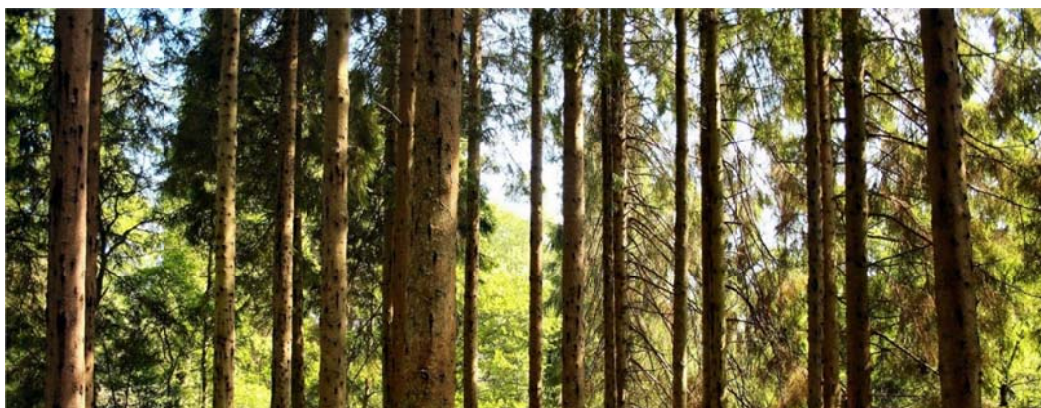
2 – Arcos c/manojos de caña de Bambú – Irak



## Constitución del tronco

La madera, como material natural y orgánico, nos remite en primer lugar al árbol, clasificable en dos grandes grupos: Las coníferas o resinosas: tronco recto, cónico, de hoja perenne y fibras longitudinales formando vetas (Ej.: pinos, alerces, abetos, hayas, castaños), y las latifolias, de copa ramificada y tronco con variaciones de tamaño, más pesadas y resistentes (Ej.: incienso, algarrobo).

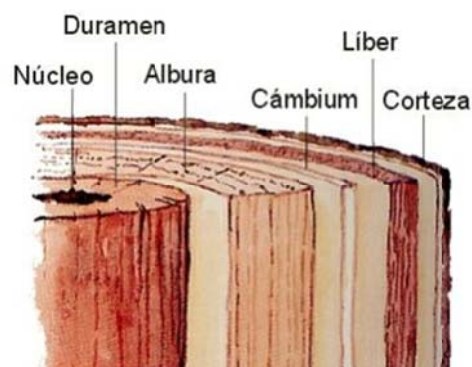
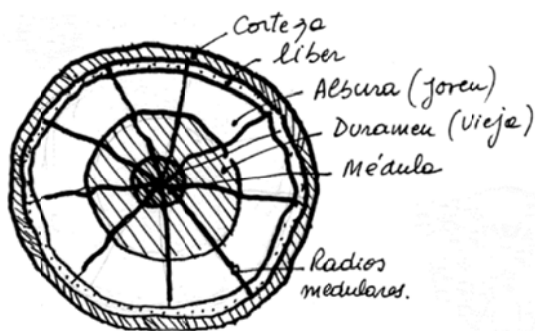
Definen sus propiedades las vicisitudes de su nacimiento y desarrollo de acuerdo a las zonas y las características de sus raíces, el implante de su ramaje, la tala, transporte, estacionado, etc.



3 – Coníferas

La constitución de su tronco (la parte más usada en construcciones) está dada por un tejido tegumental de defensa (corteza), un tejido vascular conductor de savia (madera clara) y un tejido de fibras alargadas (madera oscura) que le aporta resistencia, compuestas por celulosa y lignina, polímero que define a las plantas leñosas, conformando el dibujo típico de las vetas de la madera.

Está formado por los tejidos tegumental (de defensa), vascular (la savia) y fibroso (resistencia).



4 – Corte transversal del tronco

Las vicisitudes de su nacimiento y desarrollo de acuerdo a las zonas donde prospera, su clima y suelo, las características morfológicas de sus raíces, los modos de implante de su ramaje y su follaje,

así como la forma y condiciones en que se la tala, se la transporta, se la estaciona y se la aserra, su estibaje, aireación, humedad ambiente, insolación, etc., definen sus propiedades principales:

## **Dureza**

Es una característica que depende de la cohesión de las fibras y de su estructura, que se manifiesta en la dificultad de ser penetrada por otros cuerpos (clavos, tornillos, etc.) o a ser trabajada (cepillo, sierra, gubia, formón). La dureza depende de la especie, de la zona del tronco, de la edad. En general suele coincidir que las más duras son las más pesadas.

El duramen es más duro que la albura. Las maderas verdes son más blandas que las secas. Las maderas fibrosas son más duras. Las maderas más ricas en vasos son más blandas. Las maderas más duras se pulen mejor.

Muy duras: ébano, boj, encina.

Duras: cerezo, arce, roble, tejo

Semiduras: Haya, nogal, castaño, peral, plátano, acacia, caoba, cedro, fresno, teka.

Blandas: Abeto, abedul, aliso, pino, okume.

Muy blandas: Chopo, tilo, sauce, balsa.

## **Durabilidad**

Es muy variable según el medio ambiente en que se encuentre: la alternancia entre seco y húmedo es altamente destructiva, mientras las que están permanentemente sumergidas pueden durar mucho tiempo (Venecia, los barcos de madera).

## **Aptitud térmica y acústica**

Su aptitud térmica y acústica es mayor, cuanto más blanda y porosa es la madera. Ej: corcho.

## **Flexibilidad**

La propiedad de curvarse, sin romperse esta dada por las maderas verdes y jóvenes.

## **Higroscopicidad**

La capacidad de absorber y desprender humedad, esta propiedad es causante de contracciones y dilataciones, lo que conocemos como “trabajo de la madera”.

## **Homogeneidad**

Depende de las diferencias entre las maderas de primavera y otoño.

## Baja conductibilidad

Es un buen aislante del calor y la electricidad; la conductibilidad aumenta con el contenido de humedad.

## Densidad

La densidad da maderas más duras y pulidas, en contraposición con las porosas que son maderas más livianas y aislantes.

## Apariencia

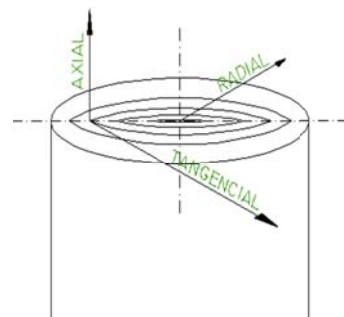
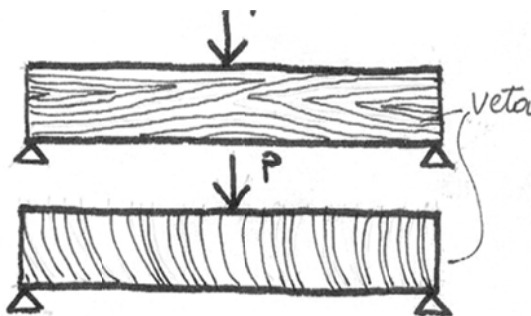
Pueden ser de colores claros y oscuros, en relación directa con la blandura y dureza respectivamente, con excelentes atributos visuales: veta, pulidos, etc.

## Condicionamientos estructurales

### Resistencia

Su resistencia a la tracción es algo mayor que a la compresión, siendo su resistencia a flexión un promedio entre ambas. En todos los casos, su resistencia es muy variable, tanto por su origen orgánico (constitución de sus tejidos, lugar de procedencia, nudos, etc.) como por factores productivos (procedencia, cortes, estacionamiento, conservación, etc.) que hacen que su constitución no sea homogénea. Su resistencia es mayor cuanto mayor es su peso y densidad, dependiendo de la constitución de sus tejidos. Por ello se trabaja con un alto coeficiente de seguridad. Como material anisótropo que es, su resistencia es mayor si el esfuerzo se aplica en dirección paralela a las fibras, sobre todo en tracción.

Su resistencia a la tracción es mayor que a la compresión; la flexión un promedio entre ambas es mayor si el esfuerzo se aplica en dirección paralela a las fibras, sobre todo en la tracción.



5 – Resistencia



## Vínculos

Los vínculos entre elementos de la propia estructura o entre estas y otros materiales son básicamente articulados (permiten el giro) y/o simplemente apoyados (permiten el desplazamiento). No son empotrables.

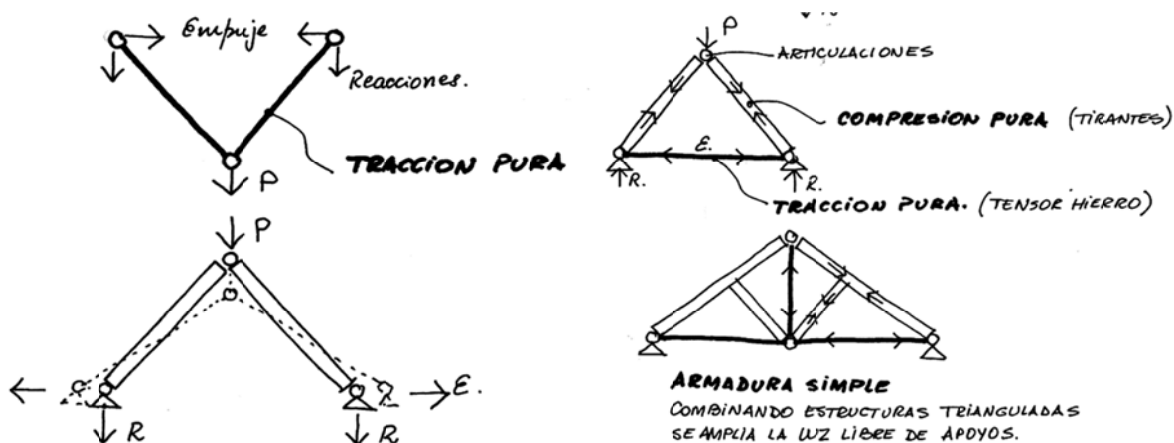
## Diseño

El diseño estructural ha evolucionado desde el conocimiento empírico proporcionado por la práctica al cálculo exacto de solicitaciones y tensiones según la estática y resistencia de materiales, permitiendo superar las iniciales limitaciones de medida, de largos y secciones disponibles e impulsando el uso de formas compuestas por elementos de pequeña longitud y sección. Estos avances han permitido realizar cabriadas, vigas reticuladas, como así también vigas y columnas laminadas.

## Disponibilidad

Por su origen natural, los largos disponibles están limitados (máx.: 5,70 m.), de acuerdo al tipo de árbol. Para salvar luces mayores, debemos apelar a la estructuras trianguladas (cabriadas y reticulados) o a elementos de alma llena de factura industrial. (madera laminada, etc.). Su bajo peso y su capacidad de trabajar a flexión las hace ideales para cubiertas.

Los largos disponibles están limitados a 5, 6 metros de acuerdo al tipo de árbol. La triangulación permite transformar los esfuerzos de flexión en tracción o compresión.



6 – Triangulación

Los vínculos entre elementos permiten el giro y/o el desplazamiento). No son empotrables.



7 – Cabriada



8 - Madera compensada

### Arrostramientos

Al ser estructuras unidireccionales actuando en su plano, necesitan arrostramientos transversales que las vinculen entre sí, impidiendo el volcamiento lateral. (cruces de San Andrés, etc.)

Estructuras unidireccionales necesitan arrostramientos que impidan el volcamiento lateral.



9 – Estructura triangulada



10 – Arrostramiento en el plano del techo

### Condicionamientos aislantes

#### Aislación térmica

Mayor aislación con maderas secas y blandas; menor con maderas duras o húmedas.

#### Aislación hidrófuga

Baja por su capacidad de absorción, sus movimientos reversibles y el peligro de putrefacción por la acción de microorganismos. Necesita protecciones (pinturas).

### **Aislación sonora**

Baja por su tendencia a vibrar.

### **Acondicionamiento acústico**

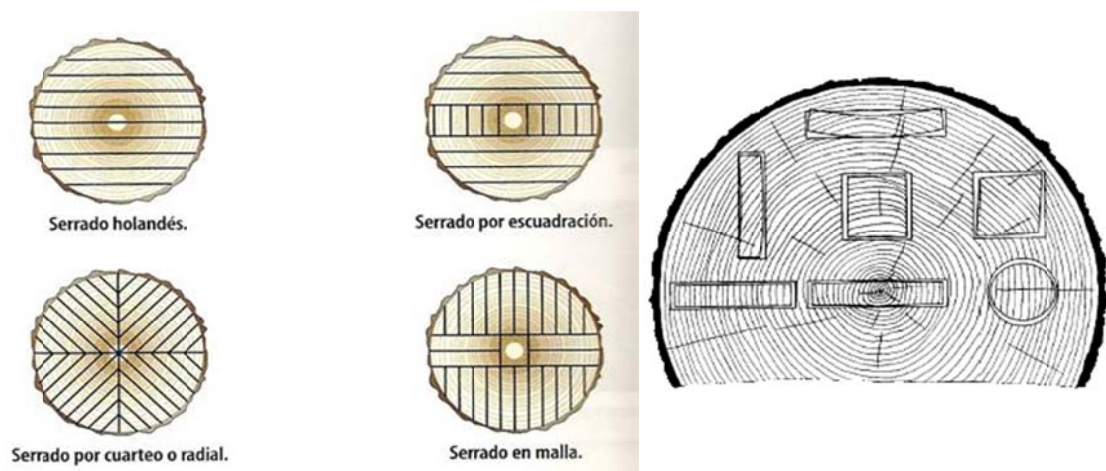
Apta para disipar el sonido por absorción, mediante revestimientos acústicos de variada conformación.

## **Condicionamientos constructivos**

### **Disponibilidad**

Desde el periodo más primitivo de desbastado a hacha de rollizos y el uso de instrumentos manuales para su aserrado, tallado y escuadrado, la utilización de la madera ha variado de acuerdo a la evolución de las herramientas, acompañando el desarrollo tecnológico e industrial. Así, hoy día las sierras y cepilladoras automatizadas actuales permiten la racionalización del corte del rollizo (madera en forma de tronco antes de ser aserrada) en una amplísima gama de escuadrías (vigas, cabios, tablas, listones, etc.).

La maquinaria actual permite la racionalización del corte del rollizo en una gama de escuadrías.



**11 – Corte transversal del rollizo.**

Asimismo, se han desarrollado nuevos productos de origen industrial que maximizan su completa utilización, basados en la impregnación con resinas sintéticas y prensado en caliente a altas presiones de listones, virutas, astillas, etc. aportando tableros de madera aglomerada, contrachapada y compensada

Productos de origen industrial aportando tableros aglomerados, contrachapados y compensados



12 - Gama de escudrías.



13 - Madera aglomerada.



14 - Madera contrachapada.

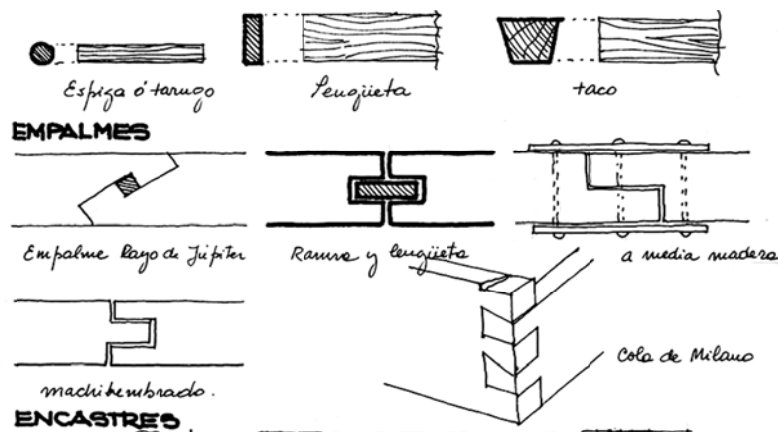
### Proceso constructivo

Se trata básicamente de montaje en seco, probablemente con algunas obras realizadas *in situ* (techos, entrepisos, paramentos verticales) y otras en taller (aberturas, mobiliario, etc.), para lo cual se deben prever las coordinaciones necesarias en la organización de la obra.

### Técnicas de unión

Las antiguas técnicas de unión eran de diversa y compleja factura artesanal: empalmes y encastres a media madera, a inglete, a caja y espiga, a cola de milano, etc., mediante rebajes, perforaciones en la madera, clavijas, cuñas, tacos y tarugos, apoyados todos en una muy capacitada mano de obra artesanal. En cambio, las modernas técnicas de unión mediante clavos, pernos, pletinas, conectores, así como el reemplazo de colas de origen orgánico por nuevas colas a base de resinas ureicas han aumentado sus aplicaciones y velocidad de ejecución.

Las antiguas técnicas de unión eran de diversa y compleja factura artesanal



15 – Empalmes y encastres tradicionales



Las modernas técnicas de unión han aumentado sus aplicaciones y velocidad de ejecución.



16 – Conectores



17 - Clavos



18 - Tornillos

## Consecuencias arquitectónicas

Los condicionamientos desarrollados anteriormente permiten explicar una serie de constantes que se observan en los criterios de aplicación de la madera.

### Lógica de entramado

La linealidad de sus piezas constructivas y de su comportamiento estructural imponen una *lógica de entramado*, caracterizada por una sucesión de capas superpuestas cruzadas de distinto rango, respondiendo a diferentes jerarquías portantes de acuerdo a las luces respectivas.

Sucesión de capas superpuestas cruzadas respondiendo a diferentes jerarquías portantes



19 – Prefectura de Kochi – Arq. Kengo Kuma

### **Sistematización de la modulación**

La característica repetitividad de sus elementos lineales exige una rigurosa sistematización de su modulación, compatible con la disponibilidad real de materiales según los tipos de madera, sus resistencias, escuadrías y medidas máximas, etc. disponibles en el mercado.

La repetitividad de sus elementos lineales exige una rigurosa sistematización de la modulación.



**20** – Pabellón – Arq. Kengo Kuma.



**21** – Mirador Pinohuacho – Arq. Sheward.

### **Espacialidad intersticial**

La espacialidad intersticial característica de las obras en madera que, como consecuencia de la lógica anterior, las dota de una liviandad que se destaca con identidad propia dentro de los diversos lenguajes formales.

La espacialidad intersticial de las estructuras las dota de una liviandad con identidad propia



**22** – Techo de Saynatsalo – Alvar alto.



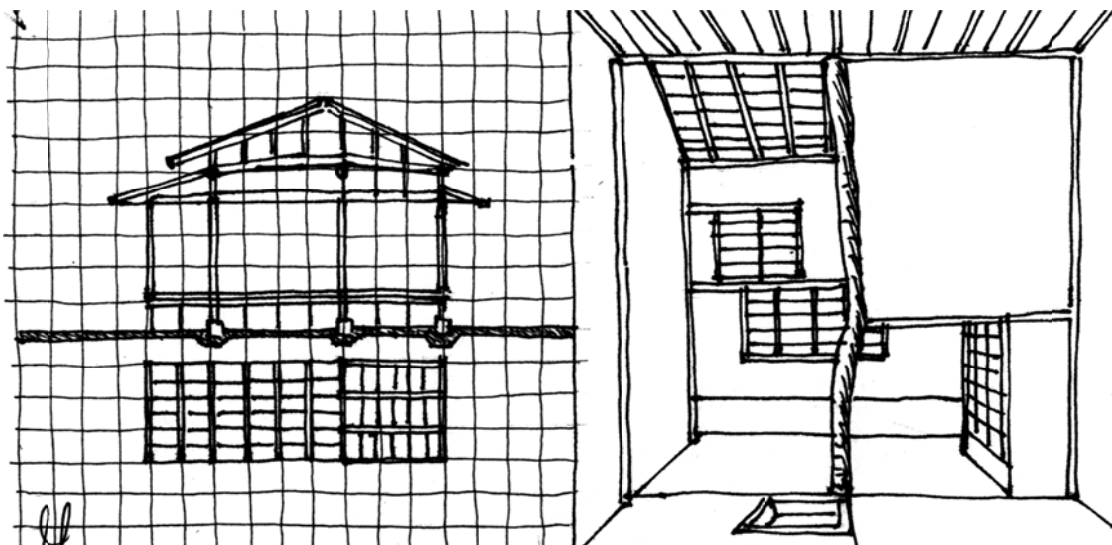
**23** – Interior Pabellón – Arq. Kengo Kuma.



## Flexibilidad

La composición de las estructuras por sucesión de elementos o por triangulación, la coordinación geométrica y modular de sus medidas, el montaje en seco de gran parte de la obra gracias a sus técnicas de unión, etc., admiten sencillas intervenciones de cambio, adaptabilidad y crecimientos con alteraciones menores y a bajo costo.

La casa popular japonesa introduce la regulación modular de la planta arquitectónica.



24 – Esquemas de la casa popular japonesa.

Como antecedentes ilustres de esta tecnología –de importancia decisiva en el hábitat popular– podemos citar algunas sistematizaciones constructivas que han aportado ideas importantes referidas al desarrollo sistemático de arquitecturas con contenido social, que son retomadas de diversas formas en diversas teorías y propuestas contemporáneas.

En primer lugar, la casa popular japonesa, realizada con elementos muy livianos de madera, esterilla, papel, que introduce la regulación modular de la planta arquitectónica en base a un módulo-base llamado Ken, que determinaba el eje de las columnas. Del mismo modo, las dimensiones de las habitaciones se definían mediante la combinación de un número variable de Tatamis, esteras para tapizar el suelo que eran módulos de dos personas sentadas ó una durmiendo. La cantidad de tatamis por habitación definía asimismo la altura del techo. A causa de su evolución, el Ken se constituyó no solo en módulo constructivo sino estético, y de esa manera influyó decisivamente en la arquitectura moderna (en la perspectiva interior, el tronco natural denota la sutil incorporación de la Naturaleza en la obra del hombre, propio de la arquitectura japonesa).

El braced frame europeo, realizado con mano de obra especializada de gran calidad.

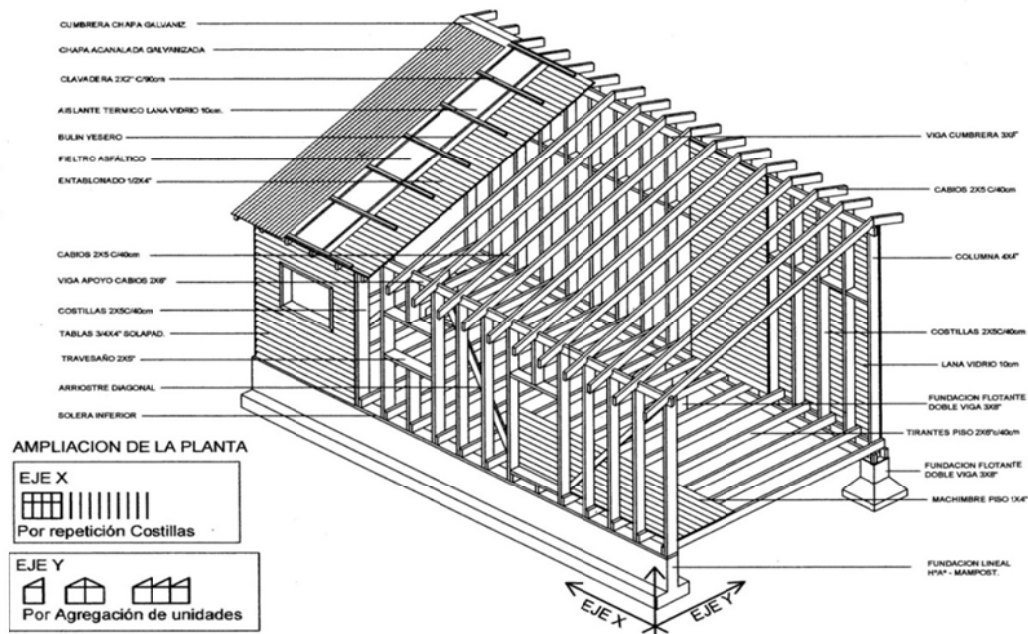


25 – Braced frame europeo

### El braced frame

De desarrollo en la Edad Media Europea, es un sistema constructivo basado en una estructura independiente de columnas y vigas de gran sección con arriostramientos diagonales, realizados con una gran riqueza de encastres de unión, producto de una mano de obra especializada de gran calidad.

El *ballon frame* americano sistematiza la madera para producción de vivienda a gran escala



26 – Esquema del ballon frame americano.

### **El balloon frame**

Sistema americano que resuelve la necesidad de producción masiva de viviendas para la conquista del oeste en los Estados Unidos, mediante la incorporación de adelantos de una incipiente industrialización, la sierra mecánica para los cortes y la producción a granel de clavos para las uniones, creando un sistema de entramado modular de listones y tablas de pequeña escuadría clavados entre sí, como una estructura de costillas y cubiertos en su exterior con tablas de cerramiento, ó los más recientes tableros de yeso.

## **IV.1.3. Hierro**

### **ARGUMENTO**

Siendo uno de los más abundantes y conocidos, el Hierro se utilizó muy poco en la antigüedad, ya que su producción era difícil y escasa, siendo necesario un cierto desarrollo industrial. A ello se sumaba el hecho de su rápido deterioro por corrosión ante los agentes atmosféricos, contrastando con la aspiración de eternidad, siendo sustituido por el bronce, más resistente.

Las precondiciones para su producción industrial dependían de su estructura molecular. Gracias al desarrollo de las ciencias, fue posible comprenderla y encarar su producción. La Revolución Industrial revalorizó enormemente el hierro, modificando tradiciones de proyecto. El hierro tuvo en los ingenieros los artífices principales de su incorporación a la Arquitectura.

#### **Condicionamientos estructurales**

De gran resistencia mecánica a la tracción como a la compresión y al corte, y por tanto, a flexión de período elástico, cesada la carga no mantiene deformaciones permanentes, y su gran período plástico le permite seguir absorbiendo cargas con deformación permanente. Su alto costo ha impulsado el diseño de estructuras de mayor rendimiento con mínimo material: estructuras trianguladas de compresión y tracción ampliaron enormemente las luces a cubrir.

#### **Condicionamientos constructivos**

El arrabio es una aleación de hierro y carbono que mejora sus propiedades mecánicas. La variedad de aceros depende de su fabricación y la cantidad de carbono que contenga. El hierro es muy homogéneo, isótropo, que responde igual en cualquier dirección de carga. Sometido a altas temperaturas tiende a fluir, y finalmente a colapsar (aprox. a los 700°C).

#### **Consecuencias arquitectónicas**

Permitió ampliar enormemente la luz a salvar, dando mayor flexibilidad y apertura. En conjunto con su socio predilecto, el vidrio, produjo una revolución en los cerramientos. Su cálculo exacto y ejecución con elementos normalizados permite variedad de estructuras:

Estructuras triliticas de perfiles normales, arquitecturas del ángulo recto, exactitud rigurosa.  
Estructuras de alma llena, que se alejan de las pesadas formas de la arquitectura mamposteril  
Estructuras trianguladas que proporcionan una imagen de levedad y espacialidad intersticial.

Después de haber analizado los materiales preindustriales –en su mayor parte de origen extractivo– empezaremos a conocer aquí a materiales que no se encuentran en la naturaleza en estado puro, por lo que para su empleo hay que someterlos a una serie de procesos industriales que les confieran determinadas propiedades necesarias para su utilización como materiales de construcción. Y para ello, es necesario primero contextualizar brevemente las condiciones técnicas y sociales necesarias para provocar su desarrollo.

## **La Revolución Industrial**

La Revolución Industrial, que comenzó en el Reino Unido y se expandió por el resto del mundo entre finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, es consecuencia del paso de una economía de base agraria y rural a otra industrial y urbana por la aplicación de nuevas máquinas y métodos de trabajo, provocando un conjunto de profundas transformaciones que es considerada como uno de los mayores cambios tecnológicos, socioeconómicos y culturales de la historia. Así, la economía basada en el trabajo manual fue sustituida por otra basada en la industria y en la introducción de maquinaria, empezando por la mecanización de las industrias textiles y el desarrollo de los procesos de hierro. La introducción de una poderosa maquinaria (la máquina de vapor) favoreció los drásticos incrementos en la capacidad de producción, y la consecuente expansión del comercio aumentó por la mejoría de las rutas y posteriormente, por el ferrocarril.

La aparición del ferrocarril y del barco a vapor estimuló extraordinariamente la demanda de hierro, y la fabricación de vías, locomotoras, vagones y barcos disparó definitivamente la producción industrial. La producción de hierro tuvo efectos de arrastre sobre otros sectores haciendo que estos también crecieran. Arrastró, por tanto, a la minería, a los transportes y a la construcción de máquinas, el número de trabajadores en las minas y en las fábricas e impulsó la aparición de nuevas fábricas metalúrgicas, canales, ferrocarriles, puertos y astilleros.

Paso de una economía agraria a otra industrial, por nuevas máquinas y métodos de trabajo. La Revolución Industrial lo revalorizó, cambiando tradiciones arraigadas de proyecto y cálculo.



## 1 – LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

### El hierro

Siendo uno de los materiales más abundantes en la corteza terrestre y conocido desde la prehistoria, el hierro se utilizó muy poco en la antigüedad, porque al no poder hacerlo en estado puro su producción era difícil y escasa, siendo necesario para ello un cierto desarrollo industrial. A ello se sumaba el hecho de su rápido deterioro por corrosión ante los agentes atmosféricos contrastaba con la aspiración de eternidad de las principales construcciones, siendo sustituido por el bronce, más resistente.

Se desconoce la fecha exacta en que se descubrió la técnica para obtener hierro a partir de la fusión de minerales; sin embargo, los primeros restos arqueológicos de utensilios de hierro datan del 3000 a.C., eran conocidas sus propiedades de tracción y fue usado como elemento auxiliar en las iglesias medievales para tensores en bóvedas y elementos de unión de cabriadas de madera. Las precondiciones para su producción industrial dependían, en primer lugar, del conocimiento de su estructura molecular. Se comprende entonces su poco uso en la antigüedad ya que recién a fines del siglo XVIII, gracias al impulso de la Revolución Industrial y al desarrollo de las ciencias, fue posible crear los instrumentos científicos y materiales para comprender su composición y encarar su producción.



La Revolución Industrial revalorizó enormemente el hierro, inicialmente para la confección de máquinas para después generalizarlo al mundo de la construcción, modificando tradiciones arraigadas en la concepción del proyecto y cálculo, y en el desarrollo de nuevos elementos constructivos. El hierro, material-símbolo de la Revolución Industrial, tuvo en los ingenieros, profesionales del cálculo y de espíritu práctico, los artífices principales de su incorporación al mundo de la Arquitectura.

El hierro, material-símbolo de la revolución industrial, tuvo en los ingenieros los artífices principales de su incorporación al mundo de la Arquitectura.



2 - Torre Eiffel, 1889, Paris, Gustave Eiffel



3 - Galería de máquinas 1889, Paris, Dutert

## Aceros

El hierro –como la mayoría de los metales– no se lo puede utilizar en estado puro, por lo que se lo combina con otros elementos en las denominadas aleaciones, para conseguir determinadas propiedades. La materia prima es el arrabio, una aleación de hierro y carbono que mejora sustancialmente sus propiedades mecánicas. Los materiales básicos empleados para fabricar arrabio son mineral de hierro, coque y caliza. El coque se quema como combustible para calentar el horno, y al arder libera monóxido de carbono, que se combina con los óxidos de hierro del mineral y los reduce a hierro metálico.

Su producción industrial dependía del conocimiento de su estructura molecular. Gracias a las ciencias, fue posible comprender su composición y encarar su producción.



Mineral de hierro



Coque



Caliza



Horno



Arrabio

4 – Elementos intervinientes en la producción industrial del acero

La fabricación del acero comenzó por accidente ya que los expertos en la materia, intentando fabricar hierro, calentaron excesivamente la masa y la enfriaron muy rápido obteniendo la aleación del acero en lugar de hierro. Para su obtención se emplean varios sistemas que tienen a volverlo a fundir, eliminando parte del carbono y añadiendo otras sustancias; el contenido de carbono de la aleación define las características principales de los aceros (de bajo contenido) y las fundiciones (de alto contenido).

La variedad de aceros es muy extensa dependiendo del método de fabricación y la cantidad de carbono que contenga. Algunos tipos de acero pueden volverse a fundir de forma que contaminan menos al ser reciclados y vueltos a utilizar. Se clasifican en cinco grupos principales: aceros al carbono, aceros aleados, aceros de baja aleación ultra-resistentes, aceros inoxidable y aceros de herramientas:

**Aceros al carbono:** el 90% de los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen una cantidad diversa de carbono, menos de un 1,65% de manganeso, un 0,6% de silicio y un 0,6% de cobre. Con este tipo de acero se fabrican maquinas, carrocerías de automóvil, estructuras de construcción, pasadores de pelo, etc.

**Aceros aleados:** estos aceros están compuestos por una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos; además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono. Estos aceros se emplean para fabricar engranajes, ejes, cuchillos, etc.

**Aceros de baja aleación ultra-resistentes:** es la familia de aceros más reciente de las cinco. Estos aceros son más baratos que los aceros convencionales debido a que contienen menor cantidad de materiales costosos de aleación. Sin embargo, se les da un tratamiento especial que hace que su resistencia sea mucho mayor que la del acero al carbono. Este material se emplea para la fabricación de vagones porque al ser más resistente, sus paredes son más delgadas, con lo que la capacidad de carga es mayor. Además, al pesar menos, también se pueden cargar con un mayor peso. También se emplea para la fabricación de estructuras de edificios.

**Aceros inoxidables:** contienen cromo, níquel, y otros elementos de aleación que los mantiene brillantes y resistentes a la oxidación. Algunos aceros inoxidables son muy duros y otros muy resistentes, manteniendo esa resistencia durante mucho tiempo a temperaturas extremas. Debido a su brillo, los arquitectos lo emplean mucho con fines decorativos. También se emplean mucho para tuberías, depósitos de petróleo y productos químicos por su resistencia a la oxidación y para la fabricación de instrumentos quirúrgicos o sustitución de huesos porque resiste a la acción de los fluidos corporales.

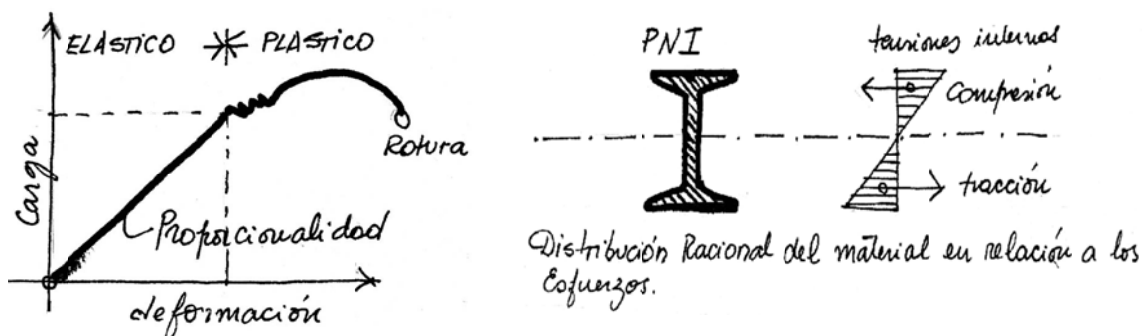
**Aceros de herramientas:** se emplean para fabricar herramientas y cabezales de corte y modelado de máquinas. Contiene wolframio, molibdeno y otros elementos de aleación que le proporcionan una alta resistencia, dureza y durabilidad.

## Condicionamientos estructurales

### Resistencia

El acero es un material de gran resistencia mecánica, tanto a la tracción como a la compresión y al corte. Por ello es excepcional para trabajar a la flexión. Material de gran elasticidad, dentro de su período elástico no mantiene deformaciones permanentes una vez cesada la carga, y su gran período plástico le permite seguir absorbiendo cargas con deformación permanente, posibilitando así prever su colapso. Muy apto para realizar estructuras de grandes luces trabajando a tracción y o compresión (cables, arcos, reticulados, estéreo-estructuras, membranas, cáscaras).

Dentro de su período elástico no mantiene deformaciones permanentes una vez cesada la carga, y su gran período plástico le permite seguir absorbiendo cargas con deformación permanente.



5 – Diagrama del acero, perfil normal I – Diagrama de tensiones internas.

### Isotropía

La isotropía es una propiedad de los materiales cuya resistencia no depende de la dirección en la cual se aplican las cargas. El hierro es un material muy homogéneo, *isótropo*, que responde igual en cualquier dirección que se lo solicite.

### Corrosión

Para evitar la acción destructiva por acción química o electroquímica causada por agentes corrosivos, tales como el agua (en todas sus formas), las atmósferas contaminadas, los gases y líquidos químicos, se han desarrollado diversas formas de protección: una de ellas es la aleación del acero con el cromo o el cromo níquel, la que da los aceros inoxidables, y la otra es el galvanizado, un procedimiento de protección donde electrolíticamente o por inmersión se lo cubre con una capa de zinc.

Además de esos factores, se debe tener en cuenta el contacto del hierro con materiales incompatibles que lo degradan a través de reacciones electroquímicas, tales como la acción galvánica que se produce entre dos metales distintos sin proteger, lo que motiva la corrosión preferencial de uno de ellos (que actúa como ánodo).

Asimismo el hierro es protegido de la oxidación por el cemento (hecho verdaderamente afortunado, dado su íntima relación en la composición del hormigón armado), pero es atacado por las sales, así como los sulfatos solubles contenidos en la mampostería, los suelos, etc.

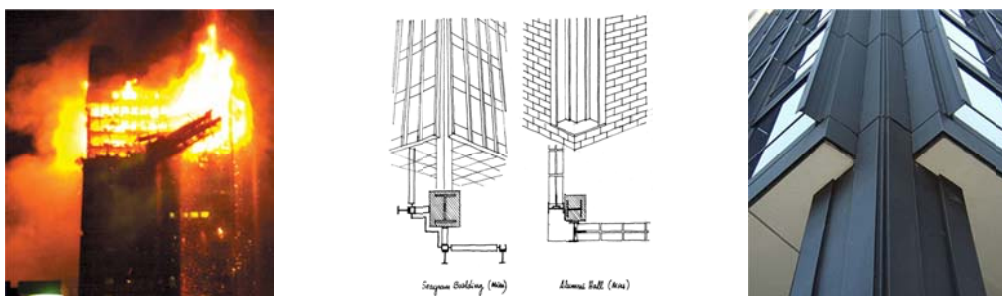
### **Acción del fuego**

El hierro sometido a altas temperaturas tiende a fluir, y por lo tanto, a una rápida pérdida de resistencia que lo hace colapsar (aprox. a los 700°C).

Frente al calor, las piezas de acero de fundición –teniendo menos carbono– se comportan mejor que las piezas de acero de aleación, pero al ser enfriadas bruscamente se rompen rápidamente. Es necesario entonces prever protecciones contra la acción del fuego, razón por la cual las primeras estructuras de acero de edificios en altura fueron recubiertas con mampostería u hormigón. Los elaborados detalles de Mies van de Rohe para Seagram Building y el Alumni Hall muestran la preocupación por proteger las estructuras resistentes de acero mediante envolventes de hormigón, manteniendo al mismo tiempo la apariencia de una estructura de acero.

Hoy se producen aceros que presentan una mayor resistencia al fuego, por el agregado de algunos elementos tales como el cromo, el tungsteno, el silicio, el molibdeno, y el cobalto, pero son de muy alto costo, razón por la cual se recurre habitualmente al uso de productos especiales de recubrimiento que protegen el alma resistente de la estructura, sin necesidad de ocultarla.

Sometido a altas temperaturas tiende a fluir y, finalmente, a colapsar (aprox. A los 700°C)



**6** – Incendio en la torre – Detalles de Mies van de Rohe: Edificios Seagram y Alumni Hall

### **Diseño estructural**

Su alto costo de producción con respecto a otros materiales ha impulsado el diseño de las estructuras metálicas para obtener el mayor rendimiento estructural con el mínimo material, aprovechando las posibilidades que proporciona la industria y el desarrollo de métodos científicos para su diseño y cálculo.

Su alto costo ha impulsado estructuras de mayor rendimiento estructural con mínimo material: estructuras trianguladas con esfuerzos simples de compresión y tracción.



7 – Reticulado – nudo de estereoestructura – Vigüeta prefabricada de H°A°

Ejemplos de ello son el diseño de la sección de perfiles normales U, L, doble T, que aprovechan al máximo el material en base a las distribuciones internas de tensiones de flexión, las estructuras trianguladas que ampliaron enormemente las luces a cubrir mediante cabriadas y reticulados con barras que desarrollan solo esfuerzos simples de compresión y tracción, las estructuras espaciales (estéreo estructuras) que realizan la descomposición de fuerzas en 3 dimensiones, la asociación del hierro con el hormigón (hormigón armado), con enormes posibilidades en el desarrollo de la prefabricación, mediante pre y pos tensado, etc., etc.

## Condicionamientos aislantes

### Aislación hidrófuga

De gran impermeabilidad, es usado en cubiertas y cerramientos exteriores. Su punto débil son las juntas y los elementos de sujeción

### Aislación térmica

Por su densidad y compacidad, es mal aislante térmico, causante de condensación y puentes térmicos.

## Condicionamientos constructivos

### Disponibilidad

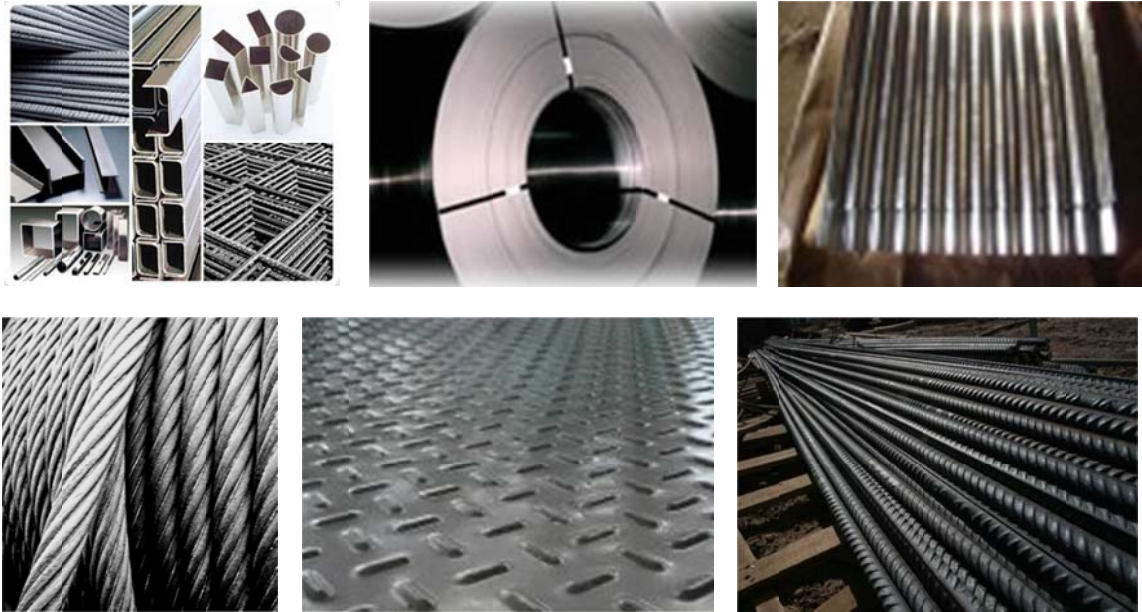
Para uso estructural, se han desarrollado los denominados Perfiles normales doble T, L, T, y U, de dimensiones normalizadas, que completados con planchuelas, barras, y tensores son utilizados para la realización de todo tipo de cabriadas, vigas y arcos reticulados, (aplicando los principios de triangulación y descomposición de fuerzas). Igualmente son utilizados para estos fines, chapas conformadas, caños, y tubos estructurales, con y sin costura.

Estos mismos productos, perfiles normales, chapas dobladas y tubos son utilizados para realizar todo tipo de carpinterías de cualquier dimensión. Asimismo se han desarrollado gran variedad de plegados de chapa, para cubiertas desde la chapa ondulada común hasta las chapas auto portantes, es decir que requieren de una sub estructura, debido a la rigidez que le proporciona el plegado.



Se destacan también el desarrollo de barras de acero redondo, lisas o estriadas, estas últimas de mayor resistencia y tenacidad que los aceros dulces, para su utilización como armaduras de tracción de las estructuras de hormigón armado, así como diversos tipos de alambres y cables, para usos estructurales en estructuras colgadas, prefabricadas, etc.

El arrabio, una aleación de hierro y carbono que mejora mucho sus propiedades mecánicas. Su variedad depende del método de fabricación y la cantidad de carbono que contenga.



8- Perfiles normales, chapas, barras de acero, alambres y cables.

### **Durabilidad**

De gran resistencia mecánica al desgaste y al impacto, pero vulnerable fenómeno de corrosión, necesita pinturas anticorrosivas o tratamientos especiales.

### **Rigidez**

Usado en planchas delgadas necesita sub estructuras o plegados que aumenten su momento de inercia. Es usado en cubiertas, aberturas, y paramentos verticales teniendo en cuenta las propiedades mencionadas anteriormente.

### **Técnicas de unión**

Hasta la llegada de la soldadura, la construcción en acero desarrolló sus técnicas de unión alrededor de la resolución del nudo, que reúne las distintas barras traccionadas o comprimidas y las vincula con la ayuda de cartelas (elementos auxiliares de planchuela de hierro), perforándolas y uniéndolas mediante elementos cilíndricos de hierro roscados o golpeados, los roblo- nes y remaches, sometidos a esfuerzo de corte.

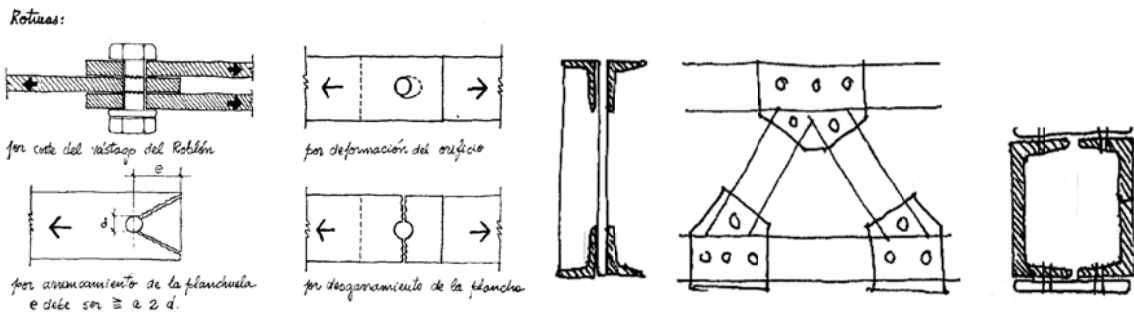
De acero dulce, dúctiles, colocados en Caliente, los remaches o roblones se encogen al enfriarse oprimiendo las planchas, y creando un efecto de rozamiento que contribuye a la unión. Si son colocados en frío, en cambio trabajan solo por corte.

Hasta la soldadura, desarrolló sus técnicas de unión alrededor de la resolución del nudo.



9 - Remaches o roblones, en caliente o en frío.

El nudo reúne las distintas barras traccionadas o comprimidas y las vincula con cartelas.



10 – Trabajo mecánico de roblón y cartela.

Los pernos o bulones son empleados excepcionalmente cuando se desea dejar abierta la posibilidad de desarme de la estructura, o cuando el espesor de las piezas a ensamblar excede 4,5 veces el diámetro del perno. En todos los casos, la parte roscada no debe penetrar en el interior del ensamble, deteniéndose en las arandelas que evitan que el perno se afloje.

La soldadura permite la fusión parcial entre dos metales a lo largo de la superficie de contacto, y deja de lado una serie de inconvenientes que presentaba la unión de dos piezas por medio de distinto tipo de piezas, accesorios, etc. que eran indispensables en la roblonadura.

Aunque las soldaduras también se hallan sometidas al esfuerzo de corte, la intimidad de la unión cuasi monolítica reduce los complejos cuadros de tensiones que se generan a través de los agujeros del roblonado. Asimismo, se ahorra material al eliminar piezas accesorias y al permitir la colaboración estructural.

La soldadura puede ser en taller, sin material de aporte por fusión directa de las piezas (oxiacetilénica, o soldadura autógena).

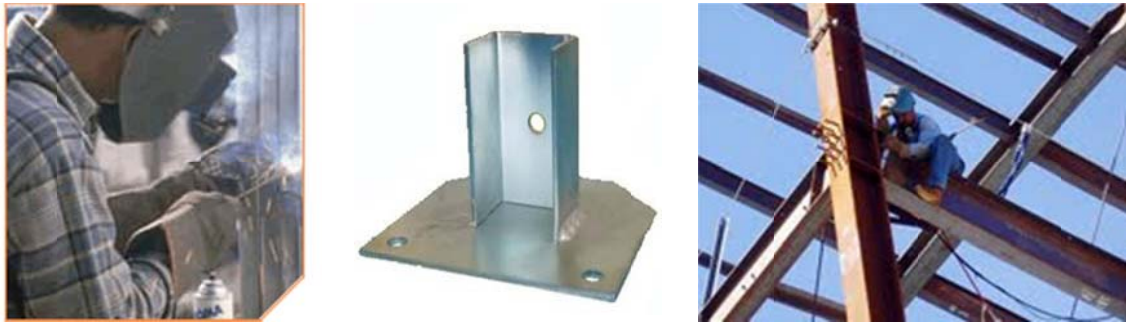
En obra, Soldadura eléctrica por arco voltaico, con aporte de material, mediante puntos y cordones de soldadura.

Es importante la longitud de cordón de soldadura, que según algunos reglamentos no debe ser mayor a 40mm, teniendo que ver esto con la profundidad de penetración.

Los tipos de soldadura pueden ser:

A *tope*, cuando una pieza debe ser la continuación de la otra, sus caras de contacto pueden ser rectas o achaflanadas. *De ángulo*, cuando las piezas a unir se disponen perpendiculares u oblicuas entre sí. *De recubrimiento*, cuando se unen dos piezas superpuestas.

La soldadura permite la fusión parcial entre dos metales a lo largo de la superficie de contacto.



11 - Soldadura a tope, en ángulo, de recubrimiento.

## Montaje

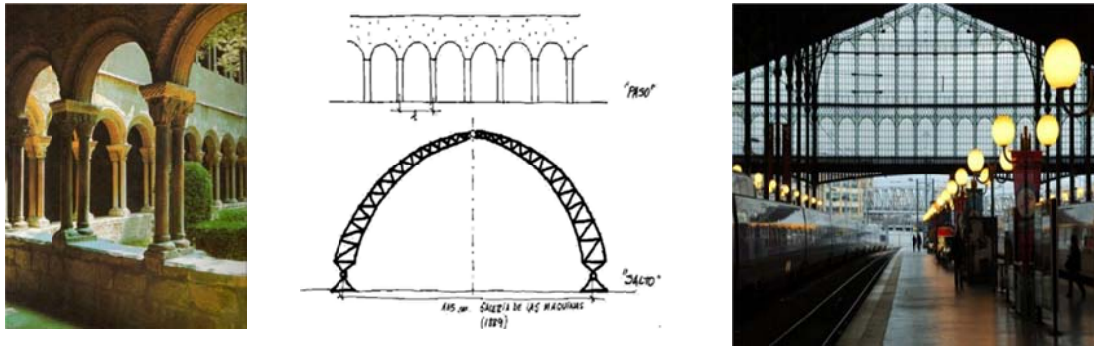
Las estructuras y aberturas metálicas exigen ser preparadas en talleres metalúrgicos y montadas *in situ* por mano de obra, maquinaria y herramientas especializadas. (Dobladoras, cortadoras, soladoras, perforadoras, etc.). El proceso constructivo se caracteriza así por el montaje en seco, para lo cual deberían preverse las coordinaciones necesarias en la organización de la obra.

## Consecuencias arquitectónicas

### Del paso a paso al salto de la Gran Luz

La posibilidad de contar con un material como el acero, de gran resistencia mecánica tanto a la tracción como a la compresión y al corte, y por lo tanto, excepcional para la flexión, permitió aumentar la distancia entre apoyos y ampliar enormemente la luz a salvar, despejando totalmente las áreas cubiertas y permitiendo mayores posibilidades de flexibilidad y apertura. El acero inicia el proceso de descomposición de la caja muraria y su recomposición a partir del análisis independiente de sus partes elementales: estructura, cerramiento, cubierta, etc., abriendo el camino para repensar lo arquitectónico al margen de los estilos.

El acero permitió aumentar la distancia entre apoyos y ampliar enormemente la luz a salvar.



12 - Del paso a paso de la caja muraria al salto de la Gran Luz

### Una revolución en los cerramientos

En conjunto con su socio predilecto, el vidrio, produce una revolución en los cerramientos al posibilitar fundir el interior con el exterior, ampliando enormemente las posibilidades de iluminación, accesos, expansión, y tratamientos de la relación interior-exterior.

En conjunto con su socio predilecto, el vidrio, produce una revolución en los cerramientos.



13 – Escalera casa Tassel – Víctor Horta      14 - Casa Farnsworth, exterior - Mies van de Rohe

Su sintaxis constructiva, como la de la madera, todavía responde a la lógica de entramado, la yuxtaposición en capas, cada una con su lógica geométrico-estructural. Pero la exactitud de los métodos de cálculo y ejecución con elementos normalizados permite una variedad inédita de estructuras e imágenes arquitectónicas asociadas: estructuras triliticas de perfiles normales, arquitecturas del ángulo recto expresando una exactitud rigurosa en la forma general y en el detalle; estructuras de alma llena, que haciendo gala de audacia, se alejan de las pesadas formas de la arquitectura mamposteril adquiriendo tal variedad que comporta todo un nuevo universo formal; estructuras trianguladas, como filigranas que proporcionan una imagen de levedad y espacialidad intersticial.



Como la de la madera, su sintaxis constructiva todavía responde a la lógica de entramado.



**15-Estructura Alumni Hall - Mies**



**16- Alumni Hall : Exterior – Mies van de Rohe**

En síntesis, estamos tratando con un material genuinamente moderno, que produce un cambio fundamental; las grandes aglomeraciones sociales, las interacciones de personas, vehículos, maquinas, mercancías propias de este tiempo, encuentran en el acero una solución para satisfacer las nuevas necesidades de la civilización maquinista: usar acero nos compromete con el espíritu de una época nueva.

Estructuras triliticas de perfiles normales, arquitecturas del ángulo recto, geometría rigurosa. Estructuras como filigranas que proporcionan una imagen de levedad y espacialidad intersticial.



**17 - Pabellón de Zurich – Le Corbusier**



**18 - Portón parque Guell Gaudi , 1880**

Material genuinamente moderno: nos compromete con el espíritu de una época nueva.



19 - Estación "Francia" – Barcelona, España

20 – Aeropuerto

#### IV.1.4. – Hormigón- hormigón armado

##### ARGUMENTO

###### Hormigón simple

Utilizado por los romanos, incrementando los apoyos de sus grandiosas construcciones. Pero su utilización no se generaliza hasta que es patentada la producción de cemento. Es una piedra artificial resultante del endurecimiento de una mezcla de áridos, cemento y agua en cantidad necesaria y suficiente para que la reacción química del cemento se realice.

###### Condicionamientos estructurales

Su resistencia es a la compresión, pues a la tracción es solo un 10% de ese valor el monolitismo de sus uniones es debido al moldeo de una mezcla que al fraguar se solidifica. Como piedra artificial, la complementación granulométrica de sus componentes es esencial, pues de ella depende su densidad y compacidad, fundamental para la resistencia.

###### Hormigón armado

Se obtiene asociando el hormigón simple con armaduras metálicas. El primero absorbe bien los esfuerzos de compresión, pero no así a la tracción y al corte. En cambio, las armaduras de hierro resisten muy bien los esfuerzos de tracción y corte. La forma y posiciones de la armadura son dadas por la tracción y corte que debe absorber, mientras que los coeficientes de dilatación similares de uno y otro permiten que actúen juntos.



Pasaron casi 50 años antes que la ciencia revelara la exacta relación de sus elementos. Durante todo ese tiempo todos los esfuerzos se dedicaron a las construcciones de hierro, pero el alto costo del acero, su vulnerabilidad ante la acción del fuego y la corrosión, impulsaron el protagonismo del hormigón. A principios del siglo XX, su utilización se generalizó.

### Condicionamientos constructivos

Con materiales baratos para la compresión y exactos para la tracción (armaduras de acero), trajo la respuesta más acorde a los programas contemporáneos de masividad y economía. La posibilidad de dosificación le confiere una gran versatilidad ante distintos requerimientos. La pre-fabricación permite la producción de escala y repercute favorablemente en la economía.

### Consecuencias arquitectónicas

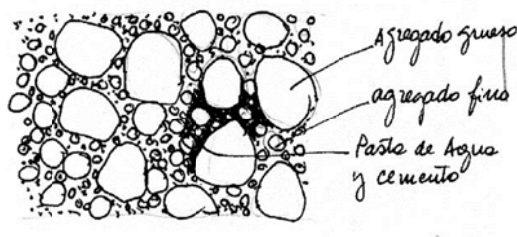
Una retícula estructural de puntos de apoyo libera al cerramiento de compromisos portantes, interpenetrando interior y exterior y dando libertad de diseño en plantas y fachadas. Gracias al monolitismo de las uniones, las estructuras se transforman de pasivas en activas, con el hormigón como masa muscular de compresión y el acero como tendones de tracción, inaugurando con formas orgánicas y activas una nueva poética del espacio.

## Hormigón simple

El uso del hormigón en la construcción no es nuevo. Fue utilizado por los romanos, que a fin de incrementar la masa de los apoyos de sus grandiosas construcciones con arcos, bóvedas y cúpulas lo volcaban a granel dentro de recintos de mampostería y piedra, utilizando como aglomerante un cemento natural llamado *puzzolana*, disponible en las cercanías de Nápoles.

Pero la utilización en gran escala del hormigón no se generaliza sino hasta los primeros años del siglo XIX, cuando como consecuencia del proceso de Industrialización es patentado en Inglaterra un método Industrial para la producción de un aglomerante hidráulico artificial, al que se llamó *cemento Portland* por su color similar a las piedras de la zona de Portland.

Es una piedra artificial resultante de una mezcla de piedra, arena, cemento y agua. Fue utilizado por los romanos, a fin de incrementar los apoyos de sus construcciones.



1 – Esquema granulométrico del hormigón.

2 – Taormina – Apoyos masivos de hormigón.

## Composición

El hormigón es un material de construcción artificial, resultante del endurecimiento dentro de moldes de contención de una mezcla fluida de áridos gruesos (piedras, gravas) y finos (arenas), un aglomerante hidráulico (generalmente el cemento, que endurece en presencia del agua como el componente fundamental que le da cohesión), y el agua de amasado, en cantidad necesaria y suficiente para que la reacción química del cemento se realice. Como piedra artificial, la complementación granulométrica de sus componentes es esencial, pues de ella dependerá su densidad y compacidad, fundamental para la resistencia. En efecto, los vacíos que dejan entre sí los agregados más gruesos deberán ser ocupados progresivamente por los más finos, y todos ellos ser recubiertos por una pasta de cemento y agua, que al fraguar (mediante la reacción química aludida entre el agua y el cemento), los cohesiona.

De la complementación de sus granos depende su densidad y compacidad, fundamental para la resistencia.



3 – Piedra, arena, cemento, agua.

## Dosificación

Las posibilidades que brinda el hormigón de variar a voluntad las dosificaciones de sus componentes, de incorporar otras sustancias con fines específicos y de realizar ensayos y verificaciones sobre muestras, permite concebir una gran variedad de hormigones de acuerdo a necesidades específicas: menor ó mayor resistencia, aislación térmica e hidrófuga, resistencia a agentes químicos específicos, diversas apariencias, etc., así como retardar el frague incorporando aditivos, mejorar su trabajabilidad, incorporar aire a su masa, etc. De esta manera, es posible concebir un proyecto racional e intencionado del hormigón necesario, teniendo en cuenta especialmente algunos factores principales que inciden en su constitución:

- La cantidad de cemento: expresada en Kg/m<sup>3</sup>, que generalmente se utiliza para medir la resistencia característica del hormigón. Según este parámetro, se los puede clasificar en “hormigón pobre” (de 150 kg. de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón), u “hormigón estructural”, (de 300 a 400 kg. de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón).
- La cantidad y calidad de los áridos: (agregados gruesos y finos, en m<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de hormigón), consignando, de acuerdo a las distintas partes estructurales (bases, columnas, vigas, etc.) sus diámetros máximos (por ejemplo: 38 mm. para losas y vigas; 12,5 mm. para pilotes, etc.).

- La calidad del agua de amasado: para que la reacción físico-química se produzca en buenas condiciones, es importante considerar la calidad del agua de amasado. Son aptas en general las aguas denominadas potables, siempre y cuando estén exentas de sales, sulfatos y ácidos disueltos en exceso.
- La cantidad del agua de amasado: de ella dependen dos de sus propiedades fundamentales: su resistencia y su trabajabilidad. Teóricamente, a mayor cantidad de agua menor es la resistencia y mayor la trabajabilidad, y a la inversa, a menor cantidad de agua mayor es la resistencia y menor la trabajabilidad; pero además, hay otras propiedades igualmente importantes que dependen de ella, tales como la disminución de la retracción durante el fraguado, la fluencia, la resistencia a las heladas, etc., razón por la cual se considera apropiada una relación agua-cemento menor ó igual a 0,5, pues más allá de este límite las resistencias disminuyen significativamente.
- Trabajabilidad: la cantidad de agua de amasado generalmente debe aumentarse en la práctica debido a la necesidad de hacerlo más plástico y trabajable, para evitar que queden huecos deficientemente llenados entre armaduras muy apretadas. De todos modos, este incremento del agua debe ser rigurosamente vigilado sin dejarlo librado al criterio pragmático de los operarios, toda vez que cada litro de agua en exceso destruye 3 kg. de cemento, con la consiguiente disminución de la resistencia prevista.

Como se ve, sutiles variaciones porcentuales entre unos y otros determinan grandes diferencias de aplicación, por lo que exigen una cuidadosa dosificación y control de su mezclado, y un riguroso control de su calidad y propiedades requeridas mediante ensayos previos a su ejecución. Este material es tan sensible a las variaciones de mezclas que para utilizarlo en grandes obras es necesario proyectarlo en laboratorios especializados y fabricarlo en plantas industriales, con rigurosos controles de calidad.

## **Resistencia**

La resistencia del hormigón es fundamentalmente a la compresión, pues la resistencia a la tracción representa sólo un 10% de ese valor, y depende fundamentalmente del contenido de cemento empleado y del tiempo y condiciones en que transcurre el período de endurecimiento. En general, para un período mínimo de endurecimiento de 28 días, los valores de la resistencia a la compresión coinciden con el contenido de cemento empleado en la mezcla (es decir, que para un hormigón de 300 kg. de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón se obtiene una resistencia de 300 kg/cm<sup>2</sup>) aunque en la práctica las resistencias admitidas por los reglamentos se ubican por debajo (para el mismo ejemplo: Resistencia a la compresión a los 28 días de 220 kg/cm<sup>2</sup>). Así, desde el punto de vista de su resistencia podemos clasificarlos en:

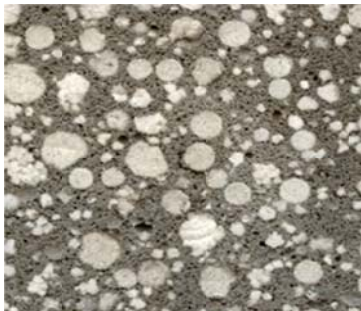
- Hormigón pobre, (150 kg/m<sup>3</sup>): de escasa resistencia, y se lo usa para “camas de limpieza”, contrapisos, etc.
- Hormigón de 200 kg/m<sup>3</sup>: apto para rellenos y cimentaciones sencillas.

- Hormigón de 250 kg/m<sup>3</sup>: apto para fundaciones, paredes contra tierra y muros de contención.
- Hormigón de 300 a 400 kg/m<sup>3</sup>: apto para todo tipo de estructuras de hormigón armado, garantiza el cumplimiento de las exigencias de las Normas.
- El hormigón de alta densidad: son usados para aumentar considerablemente la resistencia a la compresión, mediante el uso de áridos de muy elevada densidad, tales como las escorias de fundición.

Para otros tipos de propiedades específicas, se han desarrollado otros tipos de *hormigones no estructurales*, modificando algunos de sus componentes:

- *Liviano*: es un hormigón usado en contrapisos de losas y cubiertas, cuya densidad se reduce a 1,5 con el fin de conseguir mayor liviandad y aislación térmica. Constituido por Agregados gruesos y finos de materiales livianos y porosos: (corcho, lana, poliestireno expandido, virutas de madera, escorias, vermiculita, piedra pomez, etc.)
- *Celular*: también usado en contrapisos de losas y cubiertas, contiene burbujas de aire ó gas en grandes cantidades. Presentan densidades muy bajas (de 0,8 a 1,3) lo que los hace un excelente aislante térmico. Las burbujas se provocan incorporando a la mezcla un porcentaje mínimo de polvo de aluminio, el que desprendiendo hidrógeno genera las burbujas de aire en el hormigón.

Se han desarrollado otros tipos de hormigones no estructurales, modificando algunos de sus componentes.



4 - Hormigón liviano, hormigón celular, hormigón translúcido.

### Otras propiedades

En general y como resumen, podemos destacar en el hormigón las características principales a las que debe su versatilidad:

Su *densidad* de 2,4 lo hace un buen aislante acústico pero un mal aislante térmico.

Por la misma razón, la adición de hidrófugos al agua de amasado hace de él un buen material *impermeable*, apto para construcciones en contacto directo con el agua.

Su *coeficiente de dilatación* es muy parecido al del acero, lo que permite asociarlo con él para asimilar esfuerzos de tracción, conformando el Hormigón Armado.

Con el correr del *tiempo*, el Hormigón aumenta su resistencia considerablemente así como su Durabilidad, dependiendo esencialmente de su estructura capilar.

Debido a que su ejecución se efectúa por moldeo de un material fluido que al fraguar se solidifica, es destacable el monolitismo que consiguen sus uniones, confiriéndole continuidad a la transmisión de los esfuerzos.

Además, el molde ó encofrado permite diversos acabados de la superficie, desde el rústico característico del moldeo in situ, con las marcas del molde de madera, hasta acabados más pulidos y perfectos característicos de los hormigones pre-moldeados, mediante moldes metálicos.

El cemento, que es su componente principal, protege al hierro de la oxidación, haciéndolo apto además para amurar todo tipo de piezas accesorias de ese material, tales como insertos, anclajes, grampas, etc.

Las posibilidades de variar la dosificación de sus componentes de acuerdo a distintos requerimientos, la sencillez de sus materiales constitutivos, baratos y abundantes, y la relativa baja especialización de la Mano de Obra necesaria, le confieren un alto índice de Economía.

Los inconvenientes que puede presentar están referidos a su tiempo de endurecimiento, relativamente largo (salvo que se trate de estructuras de Hormigón prefabricado), su alto peso, una ejecución poco precisa cuando se trata de hormigón in situ, y las dificultades de reanudación de la obra en caso de interrupciones.

## **Hormigón armado**

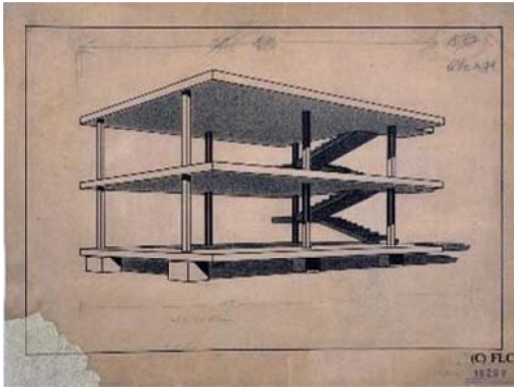
### **Armaduras de acero**

Inmediatamente después de haberse logrado la producción industrial del cemento, el hormigón comenzó a ser asociado con *armaduras de acero* para mejorar su resistencia a la tracción (y como consecuencia, a la flexión). Sin embargo, tuvieron que transcurrir casi 50 años antes que el análisis científico revelara la exacta relación de sus elementos principales asociados, acero y hormigón, y sus posibilidades de aplicación a la industria de la construcción.

Durante todo ese tiempo todos los esfuerzos constructivos se dedicaron a las grandes construcciones de hierro, pero el alto costo del acero, su vulnerabilidad ante la acción del fuego y la corrosión, y otros factores asociados a la urbanización acelerada que acompañó el proceso de la Revolución Industrial, impulsó el decisivo protagonismo del hormigón armado en la arquitectura contemporánea. Hacia principios del siglo XX, su utilización se generalizó.



El hormigón comenzó a ser asociado con armaduras de acero para mejorar su resistencia. Pero pasaron casi 50 años antes que la ciencia revelara la exacta relación de sus elementos



5 - Maison Domíno, Le Corbusier



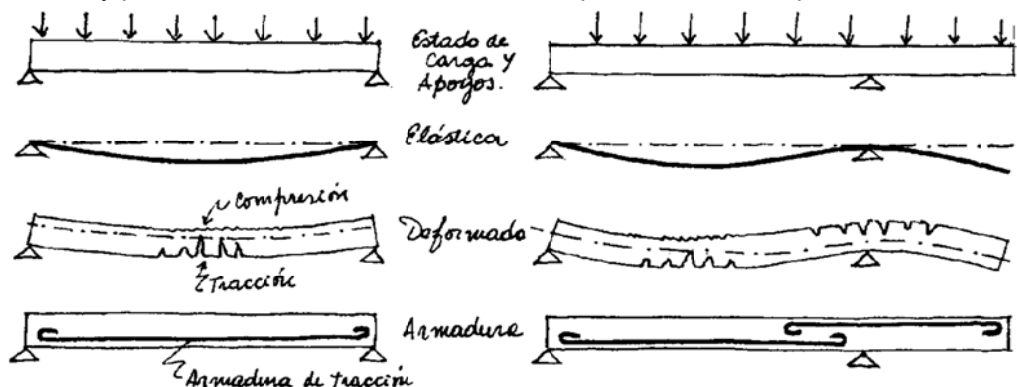
6 - Lake Shore Drive, de Mies van der Rohe

El hormigón armado es un material artificial que se obtiene asociando el Hormigón simple con armaduras metálicas. Como ya fue dicho, el hormigón absorbe bien los esfuerzos de compresión, a un razonable costo a partir de la producción industrial del cemento Portland, pero su resistencia a la tracción y al corte es débil, producto de su constitución como agregado cementado.

### Compresión y tracción en la flexión

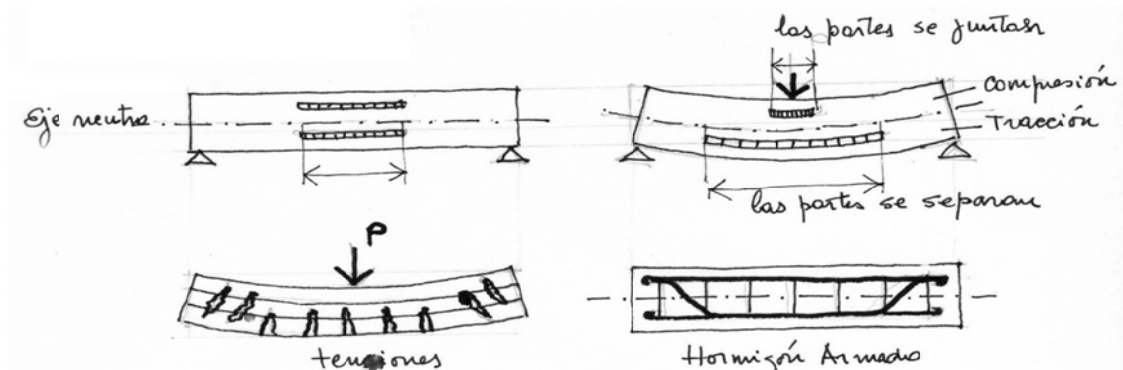
En cambio las armaduras, realizadas con barras de acero redondas, lisas ó estriadas, resisten muy bien los esfuerzos de tracción y de corte con bajo insumo de material: la forma y posiciones de la armadura de hierro viene dada por las tensiones que debe absorber, de tracción y corte, derivadas de las solicitaciones a las que se verá sometida el elemento completo, según se deduce de su elástica de deformación. Además, se da la feliz coincidencia de que los *coeficientes de dilatación* de ambos materiales son similares, y desde luego, esto permite que actúen juntos.

La forma y posiciones de la armadura viene dada por las tensiones que debe absorber.



7- Estado de carga – elástica – deformación – armadura

El hormigón absorbe los esfuerzos de compresión, el acero los de tracción y juntos la flexión.



8 – Compresión y tracción en la flexión.

Entonces, este nuevo material complejo creado por el hombre divide tareas entre sus componentes, maximizando las prestaciones de cada uno: El hormigón absorbe los esfuerzos de compresión, y el acero los de tracción, y juntos dan respuesta al problema estructural por excelencia de la arquitectura: la flexión, mediante la conjunción de sus propiedades ventajosas que generalizaron su empleo.

## Condicionamientos estructurales

### Resistencia

Como los coeficientes de dilatación de ambos materiales son similares, pueden actuar juntos.



9 – Armaduras y encofrados

La resistencia del hormigón simple es fundamentalmente a la compresión (pues la resistencia a la tracción representa sólo un 10% de ese valor), y depende fundamentalmente del contenido de cemento empleado, de la cantidad de agua y de la duración y condiciones en que transcurre el período de endurecimiento, pero en el hormigón armado la incorporación de ar-

maduras de acero en sus zonas traccionadas le incorpora la propiedad de trabajar a flexión, absorbiendo los esfuerzos de tracción y de corte.

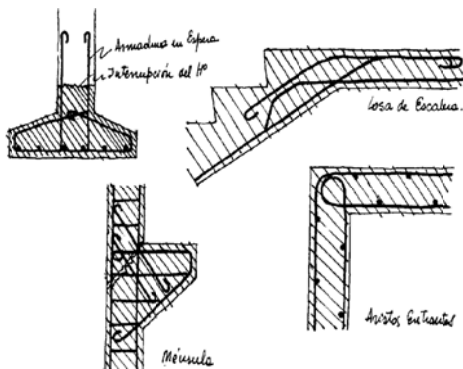
### **Durabilidad**

Con el correr del tiempo, el hormigón aumenta su resistencia considerablemente, así como su durabilidad, dependiendo esencialmente de su estructura capilar.

### **Monolitismo**

El monolitismo que consiguen sus uniones, confiriéndole una continuidad en la transmisión de los esfuerzos que provoca la colaboración de todos los elementos de la estructura, permite una disminución de los esfuerzos de flexión con el consiguiente ahorro de material.

El monolitismo permite la continuidad de los esfuerzos y la colaboración toda de la estructura.



**10** – Colaboración estructural de la unión monolítica.

### **Moldeo**

Asimismo, debido a que su ejecución se efectúa por el vaciado dentro de moldes ó encofrados de un material fluido que al fraguar se solidifica, permite gran variedad de formas y distintos acabados superficiales.

El moldeo permite gran variedad de formas y distintos acabados superficiales.



**11** – Encofrado y desencofrado – Obra Quintas de Alvear

## **Prefabricación**

La presencia de barras de acero íntimamente unidas a la masa del hormigón permite su *pre y postensado* que, mediante el tensionado del acero previo ó posterior a su puesta en acción estructural, introduce en la masa del Hormigón tensiones adicionales de compresión como fuerzas de reserva, aumentando su capacidad de trabajo.

El pre y postensado introduce en la masa del Hormigón tensiones adicionales de reserva.



12 – Pre y postensado.

## **Condicionamientos aislantes**

### **Aislación térmica**

Su alta densidad lo hace un mal aislante térmico, aunque con aditivos especiales que introducen alveolos en su masa puede mejorar su comportamiento, a expensas de su resistencia.

### **Aislación hidrófuga**

Por la misma razón, la adición de hidrófugos al agua de amasado hace de él un buen material impermeable, apto para construcciones en contacto directo con el agua.

### **Aislación acústica**

Su alta densidad y su peso, al oponerse a las vibraciones, lo hace un excelente aislante acústico, pero no funciona bien ante el acondicionamiento acústico por la baja absorción del sonido.

## **Condicionamientos constructivos**

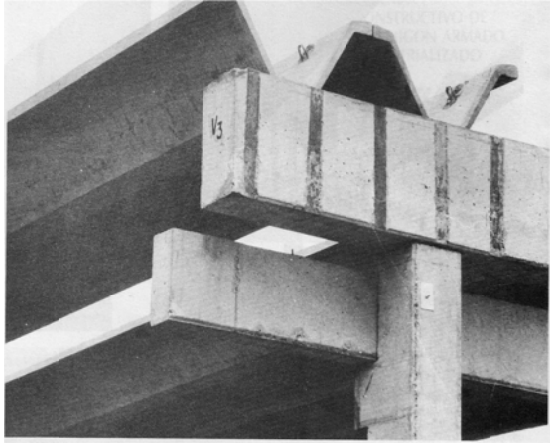
### **Prefabricación**

Su constitución en moldes de variadas medidas y diseños lo hace muy apto para construir diversos elementos prefabricados en diversas escalas: desde vigas, columnas, paneles portantes y de cerramiento, etc., hasta módulos habitacionales completos (con aislaciones, instalacio-



nes, terminación, etc.) totalmente producidos en fábrica y transportados a obra para su montaje, repercutiendo favorablemente en la economía y velocidad de ejecución.

La pre-fabricación permite la producción de escala y repercute favorablemente en la economía.



**13** – Sistema prefabricado de H°A°.



**14** – Habitat 67 – Moshe Safdie.

Asimismo, las posibilidades de variar la dosificación de sus componentes le confiere una gran versatilidad ante distintos requerimientos, proveyendo hormigones específicos para cada necesidad.

### **Apariencia**

Su ejecución por moldeo permite diversos acabados de la superficie, desde el rústico característico del moldeado in situ, con las marcas del molde de madera, hasta acabados más pulidos y perfectos característicos de los hormigones premoldeados, mediante moldes metálicos, o su revocado posterior.

Su ejecución por moldeo permite diversos acabados de la superficie.



**15** – Lucernarios Convento La Tourette – Le Corbusier



**16** – La Tourette - exterior



## **Inconvenientes**

Los inconvenientes estructurales que puede presentar están referidos a su alto peso, que naturalmente incide en los cálculos estructurales y a las dificultades de reanudación del hormigonado ante la necesidad de interrupciones.

## **Consecuencias arquitectónicas**

Las grandes arquitecturas del pasado estaban limitadas por la disponibilidad de materiales sólo aptos para la Compresión. La flexión, esfuerzo inherente a toda cubierta, debía ser transformada en compresión mediante el arco, la bóveda, etc., con la masa crítica de compresión imprescindible para conducir las cargas al suelo. Como consecuencia, las aperturas y expansiones del espacio se hallaban limitadas y los apoyos masivos eran antieconómicos y poco flexibles. Primero la madera, y luego el hierro, aportaron soluciones a estos problemas, aunque su dificultoso mantenimiento y alto costo limitaron su aplicación masiva, hasta que el hormigón –y fundamentalmente el hormigón armado– cubrieron estas falencias. El hormigón armado trajo la respuesta más acorde a los problemas de masividad, escala, economía, flexibilidad, etc., de los programas contemporáneos (vivienda masiva, edificios varios en altura, etc.), mediante el empleo masivo de materiales baratos en el hormigón simple para absorber los esfuerzos de compresión y el empleo exacto y necesario del acero (que es mucho más costoso) para los de tracción, sumado a la economía adicional que significa el empleo de una mano de obra de baja especialización para gran parte de las operaciones y el valor agregado por la aplicación de métodos científicos de cálculo y diseño. Así, la independencia entre la estructura y el cerramiento permitió independizar los respectivos procesos constructivos, nuevas técnicas de prefabricación e industrialización incrementar la velocidad de ejecución y reducir costos, y la producción de escala posibilita una efectiva democratización de los bienes edilicios.

Gracias al monolitismo de las uniones, el hormigón armado transforma las estructuras de pasivas en activas, abriendo posibilidades totalmente nuevas al diseño estructural: la complementación entre el hormigón como masa muscular de compresión y del acero como tendones de tracción, establece analogías con el modo de obrar orgánico de la naturaleza.

### **Como estructuras de *esqueleto y piel*:**

Estructura independiente del cerramiento merced a una retícula estructural de puntos de apoyo, liberando al cerramiento de compromisos portantes y otorgando mayor libertad para el diseño de plantas y fachadas.

Interpenetración espacial de los interiores y con los exteriores en las tres dimensiones del espacio.

Estructura independiente del cerramiento gracias a una retícula de puntos de apoyo.



**17** – Villa Savoye en Poissy – Exterior



**18** – Idem interior

Interpenetración espacial de los interiores y exteriores en las tres dimensiones del espacio.



**19** - Sala de Estar Ville Savoye – Le Corbusier



**20** - Idem : Rampa



**21** - La Roche

### Como estructuras por forma

- Libertad de formas estructurales: mediante superficies curvas ó alabeadas de doble curvatura, se siguen las líneas de flujo de las tensiones internas según la ley del trabajo mínimo, con la economía de materia y energía propias de la naturaleza: membranas y cáscaras delgadas que inauguran con sus formas orgánicas y activas una nueva poética del espacio.

Libertad de formas estructurales, siguiendo las líneas de flujo de las tensiones.



**22** - Banco de la Ciudad de Buenos Aires – Interior - R.Foster y Ass

Formas libres que inauguran una nueva poética del espacio.



**23** - Banco de la Ciudad de Buenos Aires :R.Foster y Ass.

## IV.2. El artefacto arquitectónico

### ARGUMENTO

#### **Construir ideas arquitectónicas**

A través del esfuerzo por materializar la intención, materia y forma revelan su calidad; la reflexión provocada por este esfuerzo distingue la arquitectura de la mera construcción. Construir ideas arquitectónicas implica aplicar una técnica precisa: técnica para elegir, ordenar y dar forma.

Técnica, en fin, para materializar un objeto hecho con arte, un artefacto.

#### **Elegir el material (y la técnica)**

##### **La opción tecnológica**

Nunca puede hacerse fuera del espacio y del tiempo, por meras razones de gusto personal, pues queda involucrada en ello la conciencia intencionada del arquitecto. Sin desdeñar el peso de las inevitables preferencias e influencias, estas solo progresan cualitativamente si conseguimos elevarlas a un plano más objetivo.

Éste es quizás el momento donde más se compromete el proyecto con la realidad que lo rodea: la necesidad –inherente a la propia arquitectura– de dar una respuesta materializable y actual.

Nos obliga a tomar una posición crítica frente al contexto en el que se insertará “¿Qué debo?”, “¿Qué puedo?”, “¿Qué quiero hacer?”, en un tiempo y espacio determinados.

#### ***¿Qué puedo hacer? (la pregunta de la práctica)***

No hay más arquitectura en un edificio grande que en uno pequeño; muchas veces sucede lo contrario. La escasez de recursos revaloriza la tarea proyectual. No hay genuina libertad sino dentro de los condicionantes objetivos del problema. Aún casos de extrema restricción técnica y/o económica son un aliciente para la imaginación.

#### ***¿Qué quiero hacer? (la pregunta de la estética)***

La sensibilidad arquitectónica es una cosa mucho más amplia que el mero gusto personal; activada por una voluntad de expresión intransferible, se alimenta del sitio relevado. Imágenes de materialidad sugeridas por el sitio incidirán tanto en el planteo como en detalles; y allí donde construir es un desafío, éste será el generador del proyecto.

#### ***¿Qué debo hacer? (la pregunta de la ética)***

Pero es tan legítima la voluntad de expresión personal como la exigencia social de una respuesta ajustada al contexto. En las decisiones de un proyecto gravitan factores poderosos que atañen a la sociedad toda, obligando a pensarla en dos planos simultáneos: el táctico y el estratégico, evaluando con objetividad y rigor la racionalidad, posibilidad y oportunidad de las soluciones.

## **Ordenar con lógica (e imaginación)**

### **La impronta estructural**

Por su función primordial de sostén, la estructura es el primer acto de posesión del espacio: al determinar sentido e intensidad de los flujos, el impacto sobre el espacio es decisivo. Su impacto es tan grande que no puede ser relegada para después o delegada al especialista.

### **La relación estructura-cerramiento**

Entreteje una trama de relaciones que plasma en el proyecto su particular originalidad, determinando desde los procesos constructivos hasta las posibilidades de expresión formal; es responsable tanto de la identidad del espacio y como del carácter de la envolvente, de la potencia expresiva de la imagen como de la energía constructiva de su materialización.

### **El sistema constructivo**

Sistematizar es crear reglas de juego con un triple orden: dimensional, geométrico y formal; es buscar rasgos generales reduciendo la multiplicidad de formas a denominadores comunes: un orden dimensional que compatibilice las medidas mediante pautas modulares conjuntas; un orden geométrico que regule posición y dirección de los diferentes elementos en el espacio; un orden formal que los componga simultáneamente como un todo armónico.

### **El detalle crítico**

La búsqueda de la forma es siempre a través del sistema constructivo, nunca al revés; el detalle es una molécula de energía constructiva que conjuga la idea con su materialidad. Pero no cualquier detalle: la idea depende de unos pocos y esenciales detalles críticos, donde las intenciones se conjugan con las leyes del material hasta hacerse sistema.

### **Jugar con la imaginación**

La arquitectura no es la consecuencia automática de los condicionamientos técnicos, sino el resultado de la lucha entre las intenciones del arquitecto y las resistencias de la materia. Y en esta lucha, la lógica es liberadora de la imaginación, dando alternativas al sentido común. Jugar con la imaginación supone respetar ó transgredir las reglas, a condición de conocerlas.

### **Dar forma con oficio**

Para que un objeto se comprenda, se use y se disfrute debe materializarse en un recorrido, en grados de densidad de la materia, en diferentes calidades de la luz, que dependen de la manipulación intencionada del espacio y del tiempo a través de los instrumentos de siempre del oficio de arquitecto.

### **Medidas, escala, proporción**

Es por las medidas, escala, proporción, que una clase de cosas difiere de la otra. Las medidas del material, del hombre y sus funciones, del sitio y del contexto. La escala: efecto de tamaño



causado sobre el usuario (en movimiento). La proporción: efecto de forma causado por la relación entre medidas del objeto.

### **Geometría y aritmética**

La geometría construye el espacio mediante *el movimiento* de puntos, líneas, planos, etc., fijando la posición, dimensión, y dirección de los elementos constructivos.

La aritmética los ordena en el tiempo mediante *cambios*: antes/después; igual/distinto, por medio de repeticiones, sucesiones, concatenación, series, ritmos, intervalos. Su profunda penetración nos permite imaginar y experimentar el espacio-tiempo.

### **El recorrido**

Es el hilo conductor de la idea; en él los espacios adquieren sentido por las relaciones con los futuros y los precedentes. Las analogías entre música y arquitectura son evidentes: como la música con los sonidos, la arquitectura surge de la relación entre los espacios pasados, presentes y futuros, hilvanados por un recorrido.

### **El artefacto arquitectónico**

Objeto a reacción poética que, propulsado por el movimiento, procesa los flujos espaciales generados en el recorrido. En su percepción solo hay sucesión de materia y espacio, ordenados por un plan que recompone la memoria.

## **IV.2.1. Construir ideas arquitectónicas**

“Lo que distingue desde el principio al peor arquitecto de la abeja más experta, es que él ha construido su celda en su cabeza antes de construirla en la colmena”.<sup>(1)</sup> La precedente cita de Carlos Marx marca la diferencia –central– entre el hacer arquitectura y el mero construir. En efecto, tenemos la convicción de que no existe una teoría abstracta de la materia, independientemente de la intención arquitectónica que la provoca; fuera de ella, solo existe conocimiento empírico y científico al servicio de la racionalidad y el ingenio constructivos. Pero es a través del esfuerzo por materializar la intención donde materia y forma revelan su calidad, manifestándose como energía constructiva; la reflexión provocada por este esfuerzo distingue la arquitectura de la mera construcción. Nos dice Ernesto Rogers (1965)<sup>(2)</sup>:

El nacimiento de la construcción responde a una necesidad racional de protección (es la gran madre), pero ya desde su misma aparición estaban implícitas en ella la necesidad sentimental de belleza y la necesidad moral de crear un ambiente, agregando más adelante: Pero ya en aquella obra se hallaban en germen otras necesidades de orden más complejo; superando el límite de las puras necesidades prácticas dictadas por la contingencia, el hombre debe haber senti-

do en seguida el impulso del sentimiento, un impulso irracional que lo llevaba a armonizar el objeto creado por sus manos con la totalidad de su propio ser.

Es por esta “necesidad sentimental de belleza y necesidad moral de crear un ambiente” que, más allá del hecho meramente utilitario, “construir ideas arquitectónicas” implica la aplicación de una técnica precisa: técnica para elegir unos materiales y técnicas adecuadas; técnica para ordenarlos con lógica (e imaginación); técnica para darles forma con oficio. Técnica, en fin, para materializar un objeto hecho con arte, un *artefacto*.

## **IV.2.2. Elegir el material (y la técnica)**

### **La opción tecnológica**

En arquitectura, los problemas nunca son solo prácticos o económicos, involucrándose en ellos la propia conciencia intencionada del arquitecto. Por lo tanto, es evidente que la elección del material y de la técnica no puede hacerse desde una especie de limbo arquitectónico fuera del espacio y del tiempo, por meras razones de moda ó gusto personal. Sin desdeñar el peso de las inevitables preferencias e influencias, estas solo progresan cualitativamente si conseguimos elevarlas a un plano más objetivo.

La necesidad –inherente a la propia arquitectura– de dar una respuesta materializable y actual, nos obliga a tomar una posición crítica frente al contexto en el que se insertará. La opción tecnológica es quizás el momento donde más se compromete el proyecto con la estructura económico-social que lo sustenta, pero salvo casos muy extremos, admite una variedad de opciones que por ser voluntarias debemos llamar “ideológicas”, pues involucran toda nuestra conciencia del problema. Entonces, para asumir con responsabilidad las tres preguntas fundamentales: “¿Qué debo?”, “¿Qué puedo?”, “¿Qué quiero hacer?”, debemos contextualizarlas a un tiempo y espacio determinados (S.XXI; Argentina).

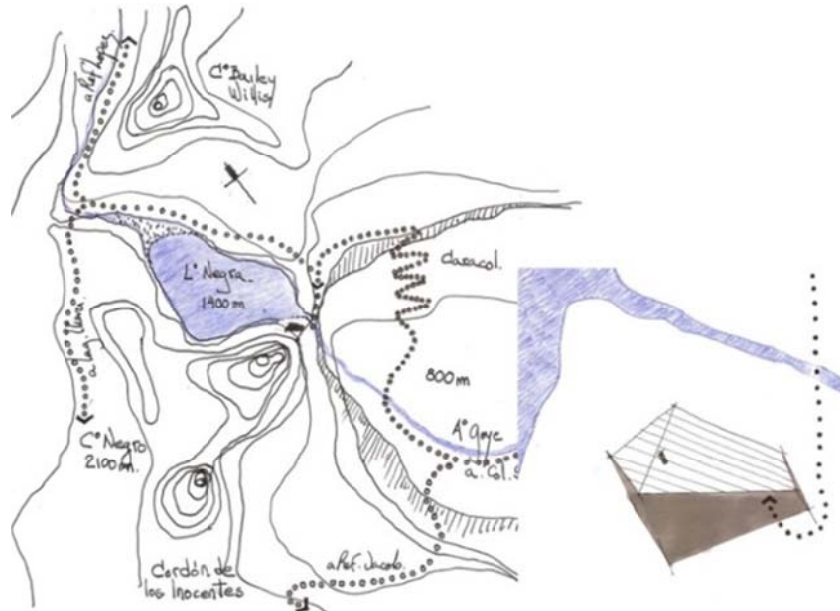
### **¿Qué puedo hacer? (la pregunta de la práctica)**

No hay más arquitectura en un edificio grande que en uno pequeño ni en un edificio caro que en uno barato; muchas veces sucede lo contrario: la escasez de recursos revaloriza la tarea proyectual; aún las situaciones de extrema restricción técnica y/o económica son un aliado poderoso para la imaginación.

En el *Refugio de la Laguna Negra* de Osvaldo Bidinost, lo inhóspito del lugar, las dificultades de acceso, la altura de la montaña y los rigores del clima, dictaron las decisiones fundamentales del proyecto. Asumiendo los escollos prácticos, las aspiraciones y límites del comitente y las reales posibilidades de materialización, este proyecto parece decir que, efectivamente, no hay

genuina libertad sino dentro de los condicionantes objetivos del problema, como deja traslucir la siguiente crónica de viaje del arquitecto Nicolás Saraví:

No hay genuina libertad si no es dentro de los condicionantes objetivos del problema; muchas veces sucede lo contrario: la escasez de recursos revaloriza la tarea proyectual.



1 - REFUGIO LA LAGUNA NEGRA: croquis de ubicación

“Los refugios de montaña son un punto seguro para cualquier montañista, figuran en los mapas, se mantienen abiertos y sin llave durante todo el año. Hay refugios en muchos países del mundo y tienen características similares: un gran espacio de reunión, protección de la intemperie, calefacción, cocina, y lugar para dormir en el caso de temporal.

Este refugio se encuentra dentro del Parque Nacional Nahuel Huapí, se accede por caminos de alta montaña o siguiendo el arroyo Goye unas cinco horas aguas arriba. Se recorre un hermoso valle a la sombra de un bosque de Lengas, siempre con el arroyo a la derecha. Hacia el final del valle se cruza el arroyo y se emprende el ascenso por un empinado caracol que zigzaguea en la ladera norte. Cuando emergemos de la copa de los árboles podemos ver a nuestra izquierda un hilo de agua que cae unos trescientos metros por una pared vertical. Allí arriba y prácticamente en el filo del vacío se encuentra el refugio.

A medida que trepamos los 800 m de desnivel los árboles desaparecen y dan paso a los Ñires Achaparrados. Una vez que alcanzamos la altura de la Laguna Negra, nos encontramos con un paisaje dominado por la roca desnuda, unos manchones de nieve que el calor de verano no alcanza a derretir, reposan en las laderas frías, algunos grupos aislados de Ñires son la única presencia visible de vida y verde. Allí no es difícil imaginarse lo riguroso del clima en invierno: la laguna congelada, una gruesa capa de nieve cubriendo el paisaje, pasando por arriba del refugio mismo y un fuerte viento del oeste que arrasando con todo.

Situaciones de extrema restricción técnica y/o económica son un aliciente para la imaginación



**2 - Bloque de granito “Cerro Negro” y Refugio**



**3 - Refugio “Laguna Negra” y entorno**

Frente a nosotros se impone una pared muy empinada, el bloque de granito llamado Cerro Negro (2100m snm) que cae directamente hasta el agua y hace intransitable su orilla. Todos los visitantes, inclusive aquellos que vienen en travesía desde otros valles, convergen en un mismo punto desde el que se ve al refugio recortado contra la pared del Cerro.

La primera decisión que nos sorprende es el sitio elegido para ubicar el refugio, se accede a él luego de vadear el desagüe de la laguna que cae en forma de cascada hacia el valle, luego debemos rodear al refugio, dar la espalda a la pared de granito y recién ahí encontrar la puerta.

“La obra es un cuerpo con gruesos muros de hormigón que envuelven una estructura de madera. El hormigón, de acuerdo a las restricciones materiales que imponía Parques Nacionales, fue hecho con la piedra y arena de la playa opuesta al sitio del refugio, lugar donde la acción erosiva del hielo los repone continuamente. Las cuarenta toneladas de revuelto de piedra y arena fueron cruzadas con un bote de goma inflable. El Ejército Argentino aportó las mulas para el traslado de cargas; veinte toneladas de cemento y diez de herramientas y víveres fueron subidas hasta los 1600m de altura, a ello se le suman las 4 T de madera aserrada para piso y entepiso. Las vigas y columnas de madera de Lengua del bosque del arroyo Goye fueron talladas a hachuela al pie del caracol. Cada viga pesaba 300Kg y fueron cargadas a hombro por grupos de 6 hombres. Fue necesario calentar el agua en tambores para lograr la temperatura necesaria y mantener hogueras encendidas durante las noches para que el hormigón fragüe.”<sup>(3)</sup>

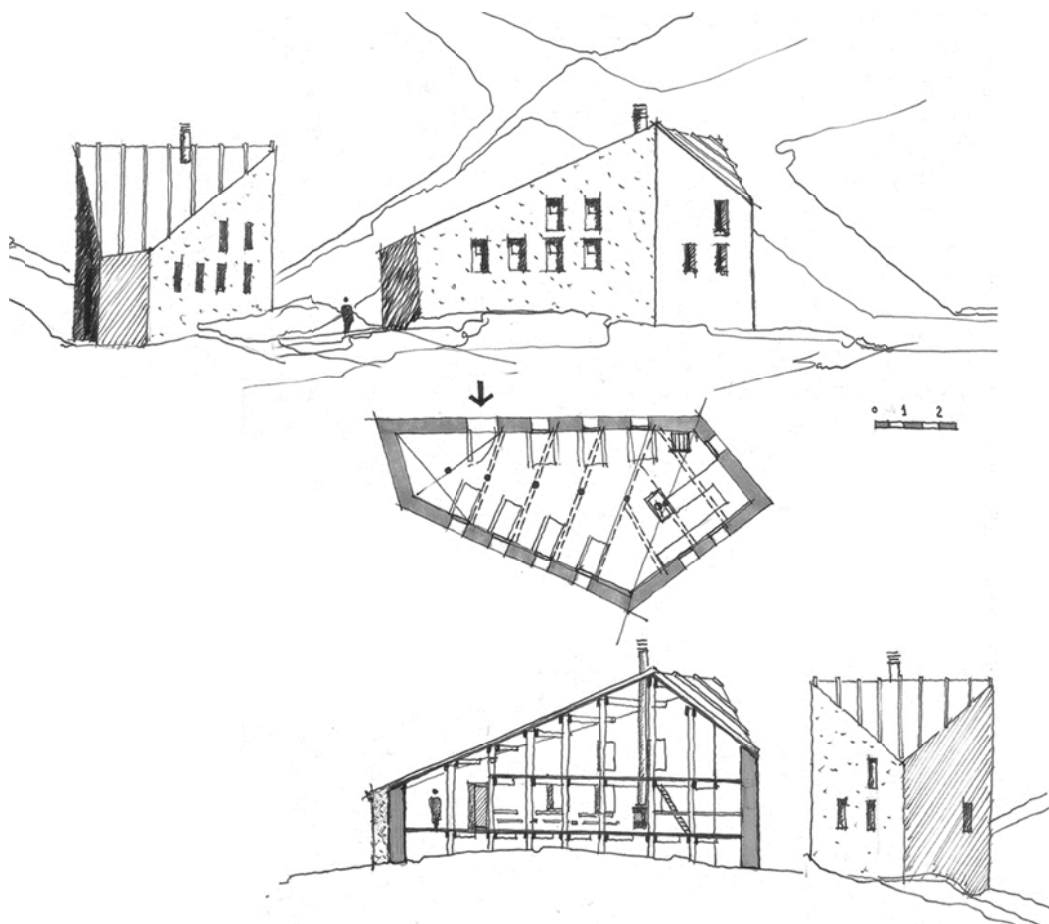
### **¿Qué quiero hacer? (la pregunta de la estética)**

La sensibilidad arquitectónica es una cosa mucho más amplia que el mero gusto personal. Activada por una voluntad de expresión subjetiva intransferible, la sensibilidad se alimenta del entorno físico, social y cultural relevado. Así, imágenes de materialidad suscitadas por el sitio (livianidad o pesantez, apertura o cerrazón, opacidad o transparencia, etc.), terminan incidiendo tanto en las trazas directrices de la propuesta como en la manipulación intencionada de los detalles (calidades de los materiales, proporciones, combinaciones, encuentros y remates, etc.). Volvamos al Refugio de Laguna Negra:

“Estos son los desafíos del proyecto: un sitio excepcional por su árida belleza natural que impone condicionantes técnicas y materiales, la carga emotiva del encargo, y la figura fuerte de un constructor local.

El proyecto se plantea como un objeto con forma; su geometría no responde a ejes de simetría, más aún, no hay ningún plano exterior paralelo entre sí, ni siquiera ángulos rectos. En palabras de Bidinost es una “caprichosa forma que cortará las ventosas nevadas y evitará el efecto devastador de los aludes. Recalco la palabra “caprichosa” que desdeña una lectura exclusivamente funcionalista de la forma. El volumen construido cobra una gran capacidad expresiva con los cambios de luz debido a la profundidad de los vanos de las ventanas que aparecen sin un orden estricto y a la distancia puede sorprendernos el reflejo del techo recubierto con chapa plana de aluminio brillando como si fuera nieve.

La sensibilidad arquitectónica es una cosa mucho más amplia que el mero gusto personal; se alimenta del entorno físico, social y cultural relevado.



4 - Vistas, Plantas y Corte del Refugio

“Cuando ingresamos al refugio la vista descansa en una semipenumbra y descubrimos que las ventanas corresponden con las mesas y la gente sentada mira naturalmente hacia fuera por ellas. Las ventanas del entrepiso en cambio, iluminan el piso de los dormitorios rasante a la altura



de los ojos, ya que allí se usan bolsas de dormir. Entramos por una pequeña doble altura que nos permite ver la cubierta del espacio que cierra la envolvente. La disposición interior confluye en un espacio central, allí se ubica la cocina-fogón. El sutil gesto de apertura que amplía el convencional pasillo entre mesas, permite que todos los acampantes puedan verse cara a cara.”

Materialidad como generadora de una arquitectura que no niega su construcción;  
Allí donde construir es un desafío, que este desafío sea el generador del proyecto.



5 – El Refugio, vista exterior



6 – El Refugio, interior

La geometría del espacio está tensionada, las vigas del entrepiso se ordenan de manera perpendicular al muro en el que se apoyan, también lo hace la mesada de cocina, el entablado del piso y las vigas de la cubierta, trasladando los giro de los muros a la configuración espacial completa. Podría imaginarse un criterio de organización más uniforme y homogéneo, sin embargo, el cruce de geometrías provoca una intencionada exacerbación espacial. Ahora bien: ésta elaboración geométrica se concreta sin complejidad constructiva, los detalles de encastre de vigas y columnas, encuentro entre entablado y muros, o la escalera, quedan librados a los criterios más simples, propios del oficio. Los entablados se cortaron con serrucho, y las vigas se apoyan en las columnas con una simple angostadura del tronco. Una obra que cualquier constructor puede realizar, pero que desafía todos los preconceptos espaciales a los que vienen asociadas las herramientas del oficio.

Esta obra nos hace repensar ciertos criterios de calidad arquitectónica a los que hoy estamos acostumbrados, criterios que terminan dependiendo de la precisión constructiva y de terminación. Por el contrario, en el Refugio de Laguna Negra encontramos un camino de pensamiento que asume las imperfecciones obligadas por las limitaciones técnicas disponibles, pero que sin embargo no son una limitante de proyecto, sino un desafío para idear una arquitectura esencial, austera, espacialmente rica, y que repropone los usos que alberga. No sólo una arquitectura posible sino una que carga sus intenciones sobre los aspectos básicos y esenciales, la ubicación en el sitio, el acceso, una fuerte y elocuente definición espacial (la contundencia formal de la envolvente, las tensiones del espacio interior)

y principalmente su materialización. Materialidad no como una cualidad visual sino como una generadora de una arquitectura que no niega las marcas de la construcción. Allí donde construir es un desafío, se plantea que este desafío sea el generador del proyecto”.<sup>(3)</sup>

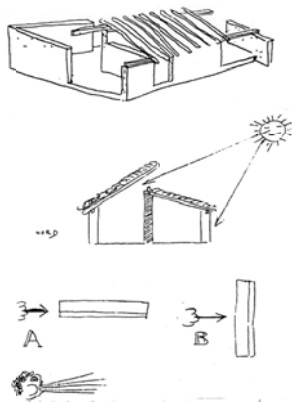
### **¿Qué debo hacer? (la pregunta de la ética)**

Pero es tan legítima la voluntad de expresión personal volcada en un proyecto como la exigencia social de una respuesta ajustada a las posibilidades del contexto. Por ello, la necesidad inherente a la arquitectura de dar una respuesta “materializable y actual” nos obliga a pensarla en dos planos simultáneos: el táctico (inmediato), y el estratégico (mediano y largo plazo), evaluando con objetividad y rigor la racionalidad, posibilidad y oportunidad de las soluciones planteadas.

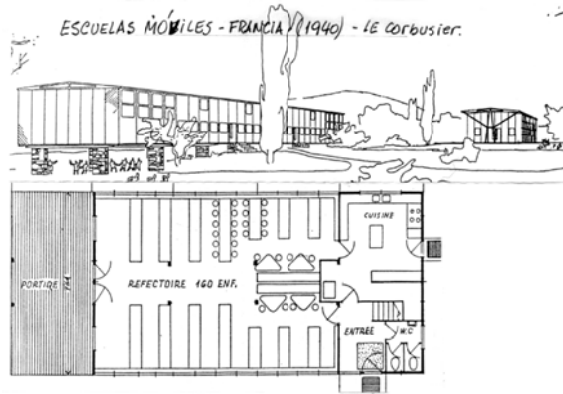
Para ilustrar este concepto nos valdremos de un ejemplo. En la propuesta para la reconstrucción de aldeas arrasadas en la 2da. Guerra mundial (1940), Le Corbusier propone un nuevo plan de viviendas y equipamiento comunitario mínimo al que llama “Murondins”, estableciendo los lineamientos generales: zonificación de conjunto de las viviendas y el equipamiento comunitario; orientaciones de viviendas y equipamientos; análisis ambiental y funcional de la vivienda en función del asoleamiento y los vientos dominantes, las superficies mínimas necesarias, la aislación térmica adecuada, etc. Atento a las urgencias y recursos del momento, propone la construcción de los alojamientos apelando a lo que hay en el lugar (tierra, piedra, madera, etc.) y al aprovechamiento de la mano de obra de los propios habitantes, acompañando la propuesta con una especie de *Manual de autoconstrucción*. Sería lo que en términos generales hemos designado como el plano táctico, apremiado por la respuesta a una emergencia.

Pero para el equipamiento social de las aldeas (único elemento representativo de la identidad de una pequeña comunidad), Le Corbusier apela en cambio a lo más avanzado del momento, la industria automotriz de Francia. Así, las escuelas móviles que propone son enteramente metálicas, realizadas por la industria automotriz, trasladadas y montadas en seco en el lugar. Así, mediante la combinación de estas dos técnicas totalmente diferentes, Le Corbusier imprime al proyecto líneas de fuerza que proyectan la solución hacia un futuro deseable y posible para cuando cese la guerra.

Es tan legítima la expresión personal como la exigencia social de una respuesta ajustada. En las decisiones de un proyecto gravitan factores poderosos que atañen a la sociedad toda.



7 – Murondins : dibujos de L.C.



8 – Escuelas Móviles – Le Corbusier

Observamos que en las decisiones de un proyecto gravitan factores poderosos que atañen a la sociedad toda; cuestiones tales como la procedencia de los materiales (su origen nacional o importado, el insumo de divisas y energía), la cantidad y calidad de mano de obra, el grado de especialización y tecnificación de la maquinaria a emplear; su impacto sobre el medio ambiente (si el material puede o no ser reciclado, si contamina, si consume recursos no renovables, si consume un alto nivel de energía, etc.), son cuestiones que pueden conducir hacia un desarrollo tecnológico autónomo o dependiente, sustentable o destructor del medio ambiente, a una arquitectura enraizada o sin identidad, cuyo debate es de una importancia vital para las facultades públicas de Arquitectura.

En las decisiones de un proyecto gravitan factores poderosos que atañen a la sociedad toda que obligan a pensarlas en dos planos simultáneos: el táctico y el estratégico.



9 – Iglesia Cristo Obrero: exterior - E. Dieste



10 – Idem interior

Como lo expresó el gran ingeniero-arquitecto uruguayo Eladio Dieste, “para nuestros países periféricos, pensar es repensar”, es decir, sopesar las novedades y confrontarlas con nuestra propia realidad para adoptar de ellas solo las que más conviene a nuestras posibilidades e intereses. Y en la Iglesia “Cristo Obrero”, en Atlántida, Uruguay, el propio Dieste nos brinda una lección de cómo

ponerlo en práctica, proponiendo el empleo de abundante mano de obra, (a fin de incrementar la oferta de trabajo en el Uruguay) y la utilización de mampostería armada, es decir, del uso del ladrillo y del hierro redondo (materiales accesibles y corrientes en el país), logrando para un tema de alta exigencia simbólica una cálida y mesurada poética a escala humana, muy uruguaya.

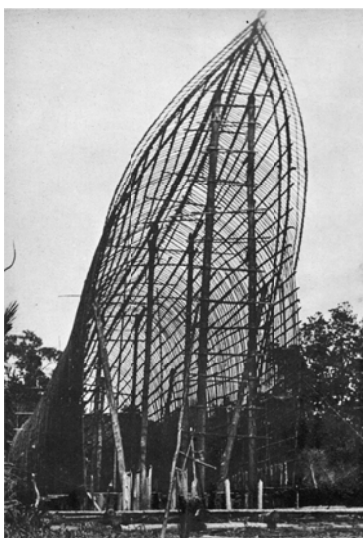
En conclusión: todo buen proyecto de arquitectura contiene en germen lo que vendrá. Entonces, en simultáneo con la respuesta a la urgencia, debemos promover la aceptación social de materiales y técnicas no tradicionales, la incorporación de valor agregado mediante la innovación tecnológica, y en fin, todo cambio racional de pautas técnicas, culturales y simbólicas que puedan conducir a una democratización real de los bienes edilicios

## **IV.2.2. Ordenar con lógica (e imaginación)**

### **La impronta estructural**

El esquema estructural de un edificio es la resultante de un sistema interrelacionado de cargas, luces, apoyos y tensiones del material, interactuando según las leyes de la Estática y de la Resistencia de Materiales, de las que depende su racionalidad intrínseca. Pero su pertinencia arquitectónica, plasmada en una distribución racional de las cargas, una discriminación adecuada de las luces, unas razonables alternativas de apoyo y una coherente elección del material, depende de unas decisiones básicas que el “Partido Arquitectónico” debe amalgamar en un todo. Y en este todo, la estructura portante tiene un rol preeminente.

Estructura: al determinar dirección, sentido e intensidad de los flujos, su impacto sobre la identidad del espacio es decisivo.



**11** - Club de Hombres, Nueva Guinea



**12** - Banco de Londres y América del Sur

En efecto, por su función primordial de sostén la estructura constituye el primer acto de toma de posesión del espacio, condicionando la permanencia y la evolución ulterior del edificio en el tiempo, más allá de la función originaria. Primer sub-sistema fijo del proyecto, determina las principales trazas directrices sobre el terreno, definiendo dimensiones, aperturas y expansiones, flujos espaciales y flexibilidad. La estructura proporciona un fuerte orden inicial donde establecer unos criterios de jerarquía y unos márgenes de variabilidad de los restantes elementos, muy especialmente de los cerramientos.

Al determinar la dirección, sentido e intensidad de los flujos espaciales, su impacto sobre la identidad del espacio es decisivo. El impacto de la impronta estructural es tan grande –como vemos en las arquitecturas de todos los tiempos– que su consideración no puede quedar relegada a un segundo plano, acomodada según razones de menor rango o delegada en manos del Especialista. Su vinculación con las decisiones de partido de ningún modo son mecánicas y lineales sino dialécticas, de ida y vuelta hasta lograr su ajuste recíproco.

Como vemos en las arquitecturas de todos los tiempos, el impacto de la impronta estructural es tan grande que no puede quedar relegada.



13 – Casa del Puente – A. Williams



14 - Palacio de los Soviets – Le Corbusier

## La relación estructura-cerramiento

El otro aspecto relevante, derivado de aquel, son las posiciones recíprocas que adoptan estructura y cerramiento según las opciones adoptadas, desde la fusión en una sola entidad constructiva (caja muraria) hasta la independencia total de sus posiciones relativas (grilla estructural). Esta relación determina desde las diversas posibilidades de expresión formal hasta la naturaleza de sus respectivos procesos constructivos (unificados o independientes), y de sus sistemas de modulación (modulación única, coordinada o autónoma). En este sentido, la estructura, el cerramiento y el sistema constructivo entretejen una trama de relaciones que plasma en el proyecto su particular originalidad.

Si se pretende que un edificio tenga identidad (es decir, que encarne la esencia de la actividad a la que está destinado: vivienda, escuela, templo, etc.) y que tenga carácter (visible en ciertos rasgos particulares que lo distinguen: Casa Curutchet, Templo Cristo Obrero, etc.), la



impronta estructural tiene un peso decisivo en la identidad del espacio y la relación estructura-cerramiento en el carácter de la envolvente. Tanto la potencia expresiva que transmite su imagen como la energía constructiva que emana de su materialización dependerán de sus logros respectivos.

La relación estructura-cerramiento es determinante del carácter de la envolvente; tanto su energía constructiva como su potencia expresiva dependen de ella.



**15** - Ville Savoie: interior living



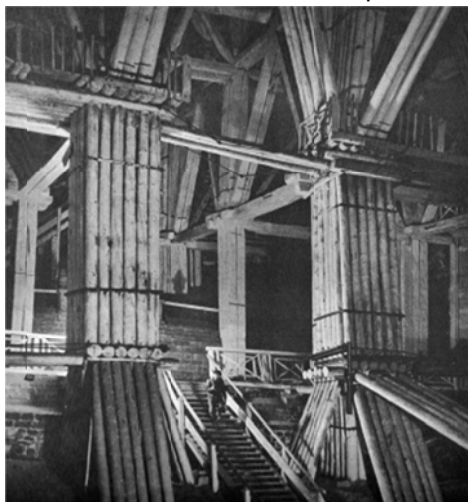
**16** - Casa Ostrofsky I: exterior

## **El sistema constructivo**

La definición de Sistema Constructivo conlleva los conceptos de conjunto, partes, relaciones, orden y finalidad. Habrá organizaciones más o menos sistémicas, aquellas donde el sistema es único y dominante o aquellas que presentan un orden más fragmentario, pero un comportamiento sistémico estará presente en todos los casos. Todo proyecto de arquitectura está compuesto por subsistemas, es decir, por un conjunto de partes interrelacionadas para el cumplimiento de una finalidad determinada; la organización constructiva está constituida por una variedad de materiales y elementos componentes con relaciones de dependencia y compatibilidad mutuas, que convergen hacia determinados propósitos: aislar, sostener, iluminar, desaguar, unir, fabricar, transportar, conservar, etc.

Garantizar determinadas condiciones de construibilidad y habitabilidad somete a la materialidad de la obra a un orden, obligando a compatibilizar medidas, coordinar posiciones, componer conjuntos englobantes. Sistematizar será entonces crear unas correspondencias, unas reglas de juego capaces de ayudar a conformar un triple orden: un orden dimensional que compatibilice las múltiples medidas mediante pautas modulares conjuntas; un orden geométrico que regule la posición y dirección de los diferentes elementos constructivos en el espacio; un orden formal que los componga como un todo armónico.

Sistematizar es crear reglas de juego conjuntas para lo dimensional, geométrico y formal, reduciendo la multiplicidad de formas a denominadores comunes.



17 – Mina de Sal en Polonia S.XI



18 - Lateral de Iglesia Cristo Obrero –E. Dieste

Ahora bien: ¿cómo empezar a crear esas reglas de juego?

“Una virtud pedagógica de la noción de tipo es que nos remite instantáneamente al ‘todo’, para poder visualizar en él lo general, lo abstracto, pasando por alto detalles y particularidades”<sup>(4)</sup>, afirma Carlos Martí Arís. Si esto es así, desde las primeras ideas (que casi siempre son una imagen, una intuición) podemos buscar en ellas rasgos generales, tipológicos, reduciendo la multiplicidad de formas a denominadores comunes dimensionales, geométricos y formales, de tal forma que esa multiplicidad aparentemente confusa y contradictoria pueda ser reducida a un orden inteligible. Esta manera de pensar, al poner el acento en las relaciones entre las partes antes que en cada una en sí misma, obliga a dejar de lado las particularidades y anécdotas y buscar criterios comunes que cierren en un plan general para el objeto. Así, la resolución del sistema constructivo puede ser encarado no como un proceso clasificatorio, sino como un proceso crítico, mediante la identificación de los principales subsistemas componentes, el esclarecimiento de la función de cada una de sus partes y materiales, y la crítica de las tecnologías respecto a su producción y construcción.

En este camino, hay que tener en claro que la idea inicial se puede ir transformando, y eso es bueno que suceda pues sería un síntoma de que se han ido incorporando temas y problemas que no habían sido ni siquiera considerados; pretender lo contrario sería creer que la materialización esta siempre subordinada a los dictados irrevocables de la forma. Por ello, el diseño final debería posponerse para el momento en que estén maduros dichos criterios; los rasgos sensoriales de la forma inicial no necesariamente desaparecen, sino que quedan atesorados en suspenso hasta alcanzar la estrategia que los haga posibles. La forma como figura concreta, particular, surgirá naturalmente del proceso posterior donde, ya con cierto dominio técnico sobre el problema, se la intente sistematizar jugando con la imaginación y el ingenio constructivo. Quizás entonces sea la ocasión de apoyarse en los antecedentes formales de una cultura general arquitectónica, que solo así puede ser realmente asimilada y no simplemente copiada.

## El detalle crítico

Cuentan que Mies van de Rohe no empezaba sus proyectos dibujándolos, sino que reflexionaba profundamente sobre ellos, los maduraba y estudiaba su técnica. Luego hacía numerosos croquis de detalles y les daba vueltas hasta convencerse que podían convenir a su obra. Para Mies, la búsqueda de la forma era siempre a través del sistema constructivo, nunca al revés; era en ese marco donde buscaba la forma apetecida. Por supuesto que Mies es Mies, pero todo arquitecto formado repite consciente o inconscientemente ese proceso; desde luego que no se puede pretender de los alumnos una maestría semejante, pero justifica al menos orientar su formación en esa dirección.

En efecto, en el proceso real de un proyecto, el detalle constructivo aparece repetida e inopinadamente en la cabeza del proyectista desde el inicio mismo del proceso, razón por la cual no es una buena práctica postergarlo para las etapas finales, como suele hacer un superficial sentido común; el detalle es un comprimido, una molécula de energía constructiva que conjuga la idea con su materialidad más específica.

La búsqueda de la forma es siempre a través del sistema constructivo, nunca al revés. El detalle es un comprimido, una molécula de energía constructiva que conjuga la idea con su materialidad



19 – Parador en costanera de Bahía, Brasil



20 – Idem : Detalle mástil

Pero no cualquier detalle: el proyecto de arquitectura contiene muchísimos detalles, pero la concreción de la idea depende de unos pocos y esenciales, aquellos *detalles críticos* donde las “intenciones” se conjugan con las leyes del material hasta hacerse sistema, encontrando su mayor nivel de generalización.

Pero no cualquier detalle: la idea depende de unos pocos y esenciales detalles críticos, donde las intenciones se conjugan con las leyes del material hasta hacerse sistema.



21 - Edificio en Rosario (Rafael Iglesia)



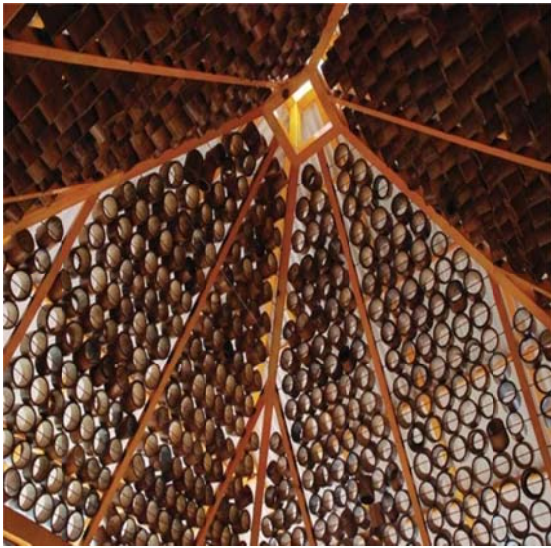
22 - Casa en la Habana (Richard Neutra)

## Jugar con la imaginación

En conclusión, la arquitectura no es la consecuencia automática de los condicionamientos técnicos sino el resultado de la lucha entre las intenciones del arquitecto y las resistencias de la materia. Y en esta lucha, “la lógica es la gran liberadora de la imaginación, presentando innumerables alternativas cerradas al sentido común irreflexivo, y dejando a la experiencia la tarea de decidir, cuando la decisión es posible, entre los varios mundos que ofrece a nuestra elección” <sup>(5)</sup>. De tal modo, jugar con la imaginación supone manejarse tanto dentro de los condicionamientos como transgredirlos, a condición de que implique su reconocimiento consciente, no su ignorancia ó supresión. De qué manera se entrelazan los condicionamientos técnico-constructivos con las lógicas proyectuales será entonces el objetivo final de nuestra búsqueda, con la salvedad de que dichos condicionamientos, lejos de menoscabar la creatividad, la potencian. Cómo hacer una caja muraria con apoyos puntuales o hacer una caja muraria de una grilla estructural pueden ser así preguntas pertinentes a la imaginación. Por ejemplo, la opción por una caja muraria no supone necesariamente muros continuos, sino también la sucesión de apoyos murarios convenientemente distanciados, dejando acotadas pero múltiples posibilidades de apertura. De la misma manera, la opción por la grilla estructural no es obstáculo para diseñar un volumen masivo ocupando los intersticios de la grilla estructural.



La arquitectura no es la consecuencia automática de los condicionamientos técnicos, sino el resultado de la lucha entre las intenciones y las resistencias de la materia.



**23** – Techo c/Bambú –Costa Rica



**24** - Lucernario. India – Foto Cristina Nery

“La lógica es la gran liberadora de la imaginación, presentando alternativas al sentido común”. Jugar con la imaginación supone respetar o transgredir las reglas, a condición de reconocerlas.



**25** - Escuela de Arte de Cuba – Ricardo Porro



**26** - Fachada Casa del Fascio –G.Terragni

### **IV.2.3. Dar forma con oficio**

“Un objeto es diseñado para que el hombre lo comprenda, lo use y lo disfrute <sup>(6)</sup>. Esta sencilla frase compendia el “para qué” de un proyecto, la exacta dimensión de lo que se le demanda y lo que va a constituir su cualidad específica. Quizás sea excesivo decir que cada objeto arquitectónico contiene una explicación del mundo, pero contribuye –aunque sea en una pequeña parte– a acceder a ella.

Pero el objeto carecería de la objetividad necesaria si no fuera extenso en el espacio y sucesivo en el tiempo; para que se comprenda, se use y se disfrute deberá materializarse enton-



ces en la sucesión de un recorrido, en los grados de densidad de la materia, en las diferentes calidades de la luz, que dependen de la manipulación intencionada del espacio y del tiempo a través de los instrumentos de siempre del oficio de arquitecto.

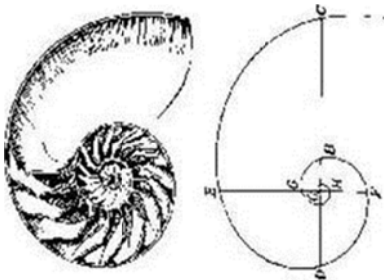
## Medidas, escala, proporción

Se le ha atribuido a Pitágoras la frase: “es por las medidas, escala, proporción, que una clase de cosas difiere de la otra”. Esta necesidad de diferenciar, de darle identidad y carácter al objeto proyectado ha llevado históricamente en diferentes tiempos y lugares a tratar de manipular las *medidas*, *escala* y *proporción* de los objetos de diseño a fin de satisfacer una determinada voluntad de expresión. En un principio, tanto las chozas más primitivas como los monumentos más importantes, las pirámides, el Partenón, los templos hindúes, etc. se construyeron en base a medidas que remitían a la figura humana (el codo, el dedo, la pulgada, el pie, la braza, el palmo, etc.) de manera de transmitir una determinada empatía entre el hombre y el orden natural. Posteriormente, el paso de lo local a lo universal durante la Revolución Francesa adoptó una abstracción, el metro, que lo proyectó a un futuro tecnológico sin relación alguna con el cuerpo humano. Pero en todos los casos, el tratar de establecer relaciones matemáticas entre las diversas partes y el todo –de carácter intuitivo en la arquitectura vernácula– respondió al intento de establecer correspondencias armónicas entre ellas.

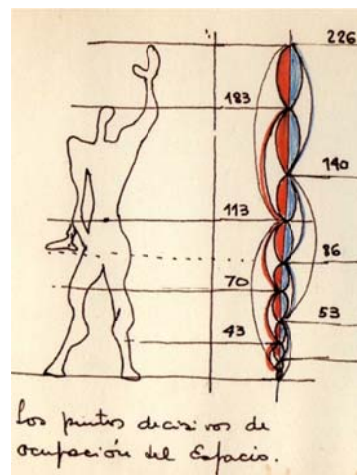
Es por las medidas, escala, proporción, que una clase de cosas difiere de la otra. Las medidas del material, del hombre y sus funciones, sitio y contexto.



27 – Machu Pichu: Portal



28 – Caracol



29 – ocupación del espacio

Las medidas de una obra arquitectónica (dato objetivo) dependen tanto de las medidas físicas del hombre y de sus acciones como de las características físicas de los materiales empleados y del entorno físico y social en que se implanta. En cambio, los efectos que dicha obra produce (que pueden ir desde la grandeza hasta la insignificancia), dependerán de las relaciones que se establezcan entre esas medidas y el hombre que las usa y/o percibe.

La escala: efecto de tamaño sobre el usuario (en movimiento). A diversos niveles: la mano, el cuerpo, los movimientos en la casa, la ciudad, la geografía.



**30** - ESCALA EDILICIA – Calle de acceso



**31** - ESCALA GEOGRÁFICA - el Valle

Así, son cualidades subjetivas de la medida la escala, efecto de tamaño producido por el objeto sobre un hombre en movimiento, a diversos niveles que vienen determinados tanto por el entorno dado como por la constitución del hombre: la mano (los utensilios de uso); el cuerpo (el mobiliario); los movimientos (en la casa, en la ciudad, en el entorno natural, el geográfico), y la proporción, “efecto de forma” producido en la percepción del usuario por la relación entre las medidas del objeto (alto-ancho; grosor-esbeltez, vacío-lleno, etc.)

La proporción: efecto de forma causado por la relación entre medidas del objeto. Alto-ancho, grosor-esbeltez, vacío-lleno, etc.



**32** – Iglesia en Amaicha del Valle - Tucumán



**33** – Sagrada Familia – Barcelona

## Geometría y Aritmética

Toda forma puede ser construida geoméricamente y definida numéricamente; la Geometría construye el espacio mediante *el movimiento (rotación, traslación)* de sus elementos geoméricos, puntos, líneas, planos y volúmenes, fijando la posición, dimensión, y dirección de sus elementos constitutivos. A su vez, cada porción del espacio tiene una extensión y duración variable en el tiempo de acuerdo a la intensidad de la acción que pasa por él. Estos acontecimientos se ordenan mediante *el cambio del antes y el después, de lo igual y lo distinto, etc.*, que la Aritmética ordena en el tiempo mediante repetición, sucesión, concatenación, series, ritmos, intervalos, etc. Así, el espacio es a la geometría lo que el tiempo es a la aritmética; el espacio y el tiempo forman un entramado, un ente único relativo y modificable; su profunda compenetración nos permite tanto imaginar como experimentar el espacio-tiempo arquitectónico.

La Geometría construye el espacio mediante el movimiento de sus elementos geoméricos, fijando la posición, dimensión, y dirección de sus elementos constitutivos.



34– Cisterna de Agua en la India



35 – Iglesia de Soca, Uruguay; Antonio Bonet

La Aritmética lo ordena en el tiempo: *el antes y el después; lo igual y distinto*, mediante repeticiones, sucesiones, concatenación, series, ritmos, intervalos, etc.



36 – Monasterio En Angkor, Camboya



37 – Pelourinho, Bahía , Brasil



El espacio y el tiempo forman un entramado, un ente único, relativo y modificable. Su profunda compenetración permite imaginar y experimentar el espacio-tiempo arquitectónico.



38 - Casas en Redovre, Dinamarca - Jacobsen

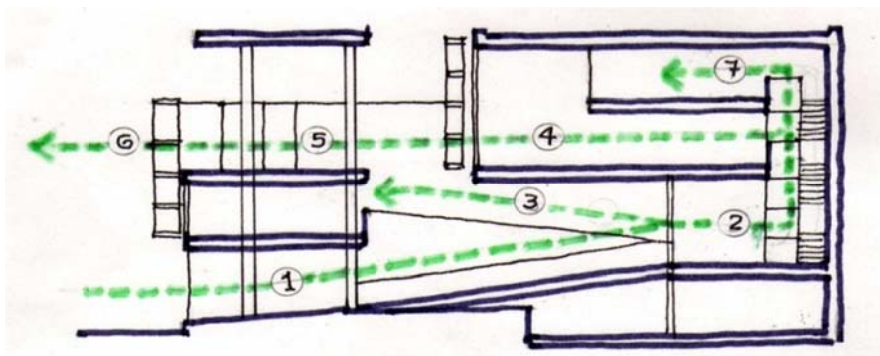


39 – Convento La Tourette – L-C

## El recorrido

Las analogías entre música y arquitectura son bastante evidentes: como la música con los sonidos, la arquitectura surge de la relación entre los espacios pasados, presentes y futuros, hilvanados por un recorrido. En la música, el espacio es el silencio entre los sonidos; en arquitectura, es el vacío entre sus elementos sólidos; en la música, la memoria permite reconocer la melodía; en arquitectura, la memoria permite reconocer el recorrido. La melodía es equivalente al plan de arquitectura: el *recorrido* es el hilo conductor de la idea.

El recorrido es el hilo conductor de la idea; los espacios no toman sentido de por sí sino por las relaciones con los futuros y precedentes.



40 – Secuencia de acceso a la casa Curutchet



VISTA 1



VISTA 2



VISTA 3



VISTA 4



VISTA 5



VISTA 7

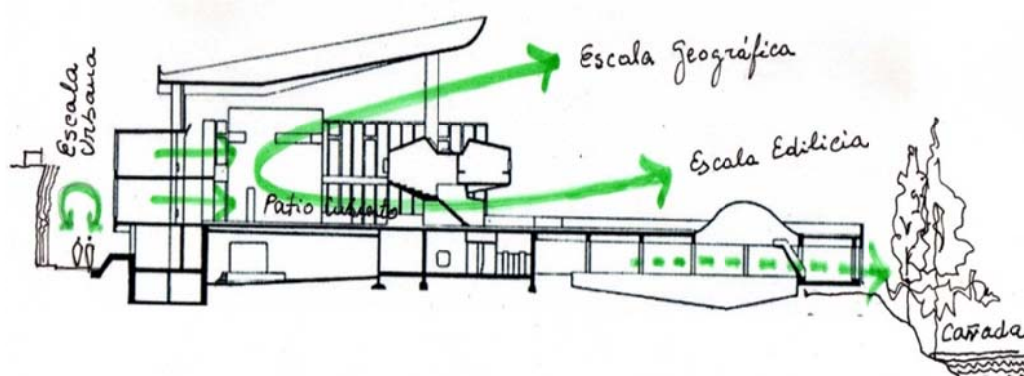
## El artefacto arquitectónico

Así, los espacios y elementos materiales no adquieren sentido de por sí sino por las relaciones con los futuros y los precedentes. En su percepción no hay instantaneidad sino sucesión de materia y espacio, ordenados por un plan que solo se recompone mediante la facultad asociativa de la memoria. Parafraseando a Le Corbusier, podríamos concluir diciendo que un *artefacto arquitectónico* es una maravillosa “máquina de habitar”, un “objeto a reacción poética” que, propulsado por el movimiento humano, procesa los flujos espaciales generados en el recorrido.



### El artefacto arquitectónico

Objeto a reacción poética que, propulsado por el movimiento, procesa los flujos espaciales generados en el recorrido. En su percepción solo hay sucesión de materia y espacio, ordenados por un plan que recompone la memoria.



41- COLEGIO BELGRANO CORDOBA - BIDINOST, CHUTE, LAPACO, MEYER, RIVAROLA



# Bibliografía

- Acosta, V. (1976). *Vivienda y clima*. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión.
- Alexander, C. (1986). *Ensayo sobre la síntesis de la forma*. Buenos Aires: Ediciones Infinito.
- Arcángeli, A. (1975). *La Estructura en la arquitectura Moderna*. Buenos Aires: Eudeba.
- Banham, R. (1965). *Teoría y diseño arqu. en la Era de la Máquina*. Ed. Nueva Visión.
- (1975). *La arquitectura del entorno bien climatizado*. Buenos Aires: Infinito.
- Baud, G. (1970). *Tecnología de la Construcción*. Ed. Blume.
- Bohigas, O. (1972). *Proceso y estética del Diseño*. Barcelona: La Gaya Ciencia.
- Candela, F. (1953). *Hacia una nueva Filosofía de las Estructuras*. Buenos Aires: Ediciones 3.
- Carter, P. (1974). *Mies van de Rohe at Works*. Ed. Phaidon Press.
- Ching, F. (1998) *Arquitectura, Forma, Espacio y Orden*. Barcelona: Ed. G.Gili.
- Dadon, J. y otros (2005). *Ecología y Ciudad*. Ed. Del Aula Taller.
- Del Mármol, M. (2006). *La Materialidad de la Arquitectura*. Ed. Dunken.
- Fuentes Taixanet, V. (2004). *Ventilación Natural. Cálculos básicos para arquitectos*. México: Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco.
- Gaite, A. (2007). *Vladimiro Acosta*. Ed. Nobuko.
- García, J. (2009). *Construir como Proyecto*. Ed. Nobuko.
- García Canclini, N. (1995). *Ideología, Cultura y Poder*. Buenos Aires: Oficina de Publicaciones Ciclo Básico Común, Universidad de Buenos Aires.
- Groz, A. (1998). *Misericordias del presente, riquezas de lo posible*. Buenos Aires: Paidós.
- Huxley, J. (1959). *Nuevos odres para vino nuevo*. México- Buenos Aires: Editorial Hermes.
- Le Corbusier (1961). *Mensaje a los estudiantes de arquitectura*. Buenos Aires: Ediciones Infinito.
- Levy-Strauss, C. (27 de abril de 2013) “El trabajo manual como una forma de Conocimiento”. En *Revista Ñ* N°58.
- Loos, A. (1980). *Ornamento y Delito*. Barcelona: Colección Arquitectura y Crítica, G.G.
- Maldonado, T. (1972). *Ambiente humano e ideología*. Buenos Aires: Editorial Nueva Visión.
- Martí Arís, C. (2002). *Silencios elocuentes*. Ed. UPC.
- (2005). *La Cimbra y el Arco*. Barcelona: Caja de Arquitectos.
- Martin, G. (1939). *Mecánica, sonido, calor*. Ed. El Ateneo.
- Marx, C. (2005). “El Capital”. En Sartre, J., *Los Caminos de la Libertad*. Buenos Aires: Ed. Losada S.A.
- Mascaró, L. (1983). *Luz, clima y arquitectura*. Editorial Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Universidad Nacional de La Plata.

Moisset de Espanes, D. (1992). *Intuición y razonamiento en el Diseño Estructural*. Editorial Escala.

Moneo, R. (2000). "La estructura de las intenciones". En *El Croquis*.

Mumford, L. (1968). *Arte y Técnica*. Ed. Nueva Visión.

Nottoli, H. (2004). *Física aplicada a la arquitectura*. Ed. Nobuko.

Paricio, I. (1997). *La Construcción de la Arquitectura*. Cataluña: Ed. ITC

Piñón, H. (2005). *La Forma y la Mirada*. Ed. Nobuko.

Quaroni, L. (1987). *Proyectar un edificio*. Xarait Ediciones.

Rogers, E. (1965). *Experiencia de la Arquitectura*. Ed. Nueva Visión.

Rudofsky, B. (1973). *Arquitectura sin arquitectos*. Buenos Aires: Eudeba.

Russell, B. (1995). *Los problemas de la filosofía*. Colombia: Editorial Labor.

Sacriste, E. (1986). *Charlas a principiantes*. Buenos Aires: Eudeba

Salvadori, M. y Heller, R. (2005). *Estructuras para Arquitectos*. Buenos Aires: Ed. CP67.

Saravi, N. (2014). *Crónica de viaje a la Laguna Negra*. Biblioteca CPAU.

Serway, R. (1993). *Manual de Física*. Ed- Mac Graw Hill.

Tedeschi, E. (1972). *Teoría de la Arquitectura*. Ed. Nueva Visión.

Torroja, E. (1960). *Razón y ser de los tipos estructurales*. Ed. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción del Cemento.

Van de Rohe, M. (1991). *Escritos, diálogos y Discursos*. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Técnicos.

Viñoly, R. (2009). "La Gestación de un nuevo Clasicismo". En *Revista ARQ*, 14/04/2009.

# Índice de ilustraciones

## I – REPLANTEO DE LA CULTURA MATERIAL

### I.1. - LA NATURALEZA DE LOS MATERIALES

#### I.1.1. - EL MATERIAL

##### **La Relación Hombre-Naturaleza**

- 1 – Pueblo flotante golfo de Tonkin, China – Foto: arq. Cristina Nery \_\_\_\_\_ 20
- 2 – Expo en Ramblas Barcelona – foto Ddor. Daniel García Escandón \_\_\_\_\_ 20
- 3 – Ampelopsis, planta trepadora – Foto arq.Jorge R. García \_\_\_\_\_ 20
- 4 – Revestimiento mayólicas de A. Gaudi- Barcelona \_\_\_\_\_ 20

##### **Criterios de Valor**

- 5 – Acceso a Hotel en La Habana vieja – Cuba – Foto: arq.Jorge R. García \_\_\_\_\_ 21
- 6 - Paseo “Caminito” – La Boca – Buenos Aires - Foto: arq.Jorge R. García \_\_\_\_\_ 21
- 7 – Club Hombres en Nueva Guinea- Scaneo de libro “Arquitectura sin Arquitectos”: B.Rudofsky \_\_\_\_\_ 21
- 8 – Banco de Londres – Buenos Aires – Scaneo Rev. SUMMA n° 6/66 \_\_\_\_\_ 21

#### I.1.2. - LA TECNICA

##### **Técnica y Tecnología**

- 9 – Artesanos de la Isla de Uros, Perú – Foto: arq.Jorge R. García \_\_\_\_\_ 22
- 10 – Productos de la isla de Uros, Perú – Foto: arq.Jorge R. García \_\_\_\_\_ 22
- 11 – Detalle casa Batlló . Barcelona – foto Ddor. Daniel García Escandón \_\_\_\_\_ 23
- 12 – Casa Ostrofsky II – La Plata – Argentina – Foto: arq.Jorge R. García \_\_\_\_\_ 23

##### **Actitud ante la Técnica**

- 13 – Pilastras antropomorfas- Dogon - (escaneo del libro “Archittetura Primitiva” de E. Guidoni) \_\_\_\_\_ 24
- 14 – Toguna con pilastras – Dogon - (escaneo del libro “Archittetura Primitiva” de E. Guidoni) \_\_\_\_\_ 24
- 15 – Columna y Dintel – Paestum – Foto: arq.Jorge R. García \_\_\_\_\_ 24
- 16 - Templo de Hera – Paestum – Foto: arq.Jorge R. García \_\_\_\_\_ 24

### I.1.3. - LA ARTESANIA

#### **A Prueba y Error**

17 – Reservación Sinkal en Catamarca – Foto: arq.Jorge R. García	25
18 – Galería casa en Salta – Foto: arq.Jorge R. García	25

#### **Tradición e Innovación**

19 – Veranda de acceso casa en Lima, Perú – Foto: arq.Jorge R. García	26
20 – Casa del arq. Solsona en el Delta – Tigre	26
21 – Corte de casa japonesa tradicional – Dibujo arq.Jorge R. García	27
22 – Balloon Frame Americano – Dibujo arq.Jorge R. García	27

#### **Materiales Pre-Industriales: Mampuestos**

23 – Vivienda-cueva – Matera, Italia – Foto: arq.Jorge R. García	27
24 – Construcción Incaica cerca de Cuzco, Perú – Foto: arq.Jorge R. García	27
25 – Muro en Ruinas incaicas, Perú – Foto: arq.Jorge R. García	28
26 – Construcción anónima en Catamarca – Foto: arq.Jorge R. García	28

#### **Materiales Pre-Industriales: Maderas**

28 – Palacio imperial en Hue, Vietnam – Foto: arq. Cristina Nery	28
29 – Balcón en Miraflores, Lima, Perú – Foto arq. Jorge Raúl García	28

### I.1.4. - LA INDUSTRIA

#### **La Producción en Serie**

30 – Detalle casa Batlló de A. Gaudí en Barcelona – foto Ddor. Daniel García Escandón	29
31 – Sede de Endesa – Barcelona – foto Ddor. Daniel García Escandón	29
32 – Catálogo de Perfilería Normal de Hierro – Escaneo de Catálogo	30
33 – Productos industriales de hierro – Escaneo de Catálogo	30
34 – Pabellón de Barcelona – Mies Van de Rohe – foto Ddor. Daniel García Escandón	31
35 – Interior Pabellón – foto arq. Gloria Bettiol	31
36 – Interior Pabellón – Foto arq. Gloria Bettiol	31

#### **Prefabricación**

37 – Catálogo de losas de viguetas prefabricadas – Escaneo de Catálogo	32
38 – Detalle de Sistema prefabricado H°A° – Escaneo de Catálogo	32

#### **Sustentabilidad**

39 – Casa en Camerún – Bambú y Fibra vegetal – (escaneo del libro “Architettura Primitiva” de E. Guidoni)	33
40 – Acceso a Hospital – Barcelona – foto Ddor. Daniel García Escandón	33

#### **Materiales Industriales: El Hierro**

41 – Claustro Convento Jesuita, Arequipa, Perú – Foto arq. Jorge Raúl García	34
--	----



42 – Torre Eiffel, París – Foto arq. Jorge Raúl García _____	34
--	----

### **Materiales Industriales: Hormigón – Hormigón Armado**

43 – Apoyos de arcos romanos – Taormina - Foto arq. Jorge Raúl García _____	35
44 – Apoyos de arcos romanos – Taormina - Foto arq. Jorge Raúl García _____	35
45 – El Cuerpo Humano – Imagen de libre disponibilidad _____	36
46 – Banco Ciudad de Bs.As. interior – arq. N.Foster - Foto arq. Julio Pueyo _____	36

## **I.2. - LÓGICAS DE LA MATERIALIDAD**

### **I.2.1. - REPLANTEO DE LA CULTURA MATERIAL**

#### **Cuadro de situación**

1 – Pocillo de Café - Imagen de libre disponibilidad _____	38
2 - Sillón BKF - Imagen de libre disponibilidad _____	38
3 - Ciudad de Buenos Aires – Retiro – Escaneo de Diario Página 12 – Buenos Aires _____	38
4 – Innundación de La Plata del 2/4/13 – Imagen de libre disponibilidad _____	39
5 – Contaminación: mortandad de peces – Imagen de libre disponibilidad _____	39

#### **Cambio de Paradigma**

6 – La Villa miseria y la Gran Ciudad – Croquis: arq. Jorge R García _____	40
--	----

### **I.2.2. - LA LÓGICA SOCIAL**

#### **El Patrimonio Cultural**

7 – Londres : barrio típico – foto arq. Jorge R García _____	41
8 – Humahuaca – calle y montañas – foto arq. Jorge R García _____	41

#### **El Consumo**

9 – Londres: barrio chino y Rolls Royce – foto arq. Jorge R García _____	42
10 – Barrio Gótico Barcelona – Foto: Ddor. Daniel García Escandón _____	42

#### **La Moda**

11 – “Marcas” - Imagen de libre disponibilidad _____	43
12 – “Haute Couture” - Imagen de libre disponibilidad _____	43

#### **El Gusto**

13 – Josefina y su baño diario– foto arq. Jorge R García _____	44
14 – Un “picado” en el barrio - Imagen de libre disponibilidad _____	44

#### **Las Necesidades**

15 – Puri. Paravento c/hamaca – Brasil Oriental (escaneo de “Architettura Primitiva” de E. Guidoni) _____	44
16 – Descanso en Port Vell, Barcelona – Foto Ddor. Daniel García Escandón _____	44

## **El Deseo**

- 17 – Sardanas en Barcelona – Foto Ddor. Daniel García Escandón \_\_\_\_\_ 45  
18 – Estatua viviente - Barcelona – Foto Ddor. Daniel García Escandón \_\_\_\_\_ 45

### **I.2.3. - LA LOGICA AMBIENTAL**

#### **La Relación Hombre-Naturaleza**

- 19 – Anfiteatro inca en Moray, Cuzco (Escaneo de “Arquitectura sin Arquitectos”, de B. Rudofsky) \_\_\_\_\_ 46  
20 – ADN - Imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 46

#### **La Evolución Cultural**

- 21 – Pintura Rupestre en Altamira, España - Imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 47  
22 – Hombre en la Luna - Imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 47

#### **El Ambiente Humano**

- 23 – Vivienda marginal en Buenos Aires (escaneo foto diario “Página 12”) \_\_\_\_\_ 49  
24 – Montaña de Chatarra - Imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 49

### **I.2.4. - LA LÓGICA PROYECTUAL**

#### **Problema y Proyecto**

- 25 – Sillón BKF: croquis de los autores – Escaneo del Libro “ANTONIO BONET” \_\_\_\_\_ 49

#### **Intenciones e Ideas**

- 26 – Sillón BKF : croquis de la “Idea” – Escaneo del Libro “ANTONIO BONET” \_\_\_\_\_ 50  
27 – Sillón BKF : Estructura – Escaneo del Libro “ANTONIO BONET” \_\_\_\_\_ 50  
28 – Sillón BKF : “Cuero de Vaca” – Escaneo del Libro “ANTONIO BONET” \_\_\_\_\_ 50

#### **Oficio**

- 29 - “Hombre-Botella” – 1928 - HANS ARP – Escaneo de libro “El Arte Moderno”, de G. C. Argan \_\_\_\_\_ 50  
30 - “Puente sobre el Saginabol” 1933 - Ing. R. MAILLART - Croquis: arq. Jorge R García \_\_\_\_\_ 50  
31 - Sillón BKF – 1938 - BONET- KURCHAN - F. HARDOY - Imagen publicitaria de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 50

## **II – SOSTENER**

### **II.1 - LA ESTRUCTURA DE SOSTÉN**

#### **II.1.1. – INTRODUCCION**

#### **Forma y Estructura**

- 1 – Corte de un caracol – imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 54  
2 – Celdas de panal de abejas – imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 54

3 – Planta de Aloe Vera – imagen de libre disponibilidad	54
4 – Pirámides Egipcias – imagen de libre disponibilidad	55
5 – Casa del Puente – Mar del Plata - Amancio Williams	55
6 – Suelo artificial Unidad Habitación en Marsella – arq. Le Corbusier - Foto arq. Francisco Colombo	55

## II.1.2. – FUERZAS

7 – Fuerza - imagen de libre disponibilidad	57
8 - Equilibrio: Sumatoria de Fuerzas = 0 - imagen de libre disponibilidad	58
9 - Suma de Fuerzas – Croquis de arq. N.Saraví	60
10 – Sistemas de Ejes Componentes de una Fuerza – Croquis de arq. N.Saraví	61
11 - Carga Uniformemente Repartida - Imagen de libre disponibilidad	62
12 – Galería del Priorato: arq. Marcel Breuer - - imagen de libre disponibilidad	62
13- Composición de fuerzas según los ejes de la estructura – Croquis de arq. N.Saraví	62
14 - Estados de Tensión – Croquis de arq. N.Saraví	62

## II.1.3. – COMPRESIÓN

15- Ensayo de resistencia – estallido - imagen de libre disponibilidad	65
16- Tipos Estructurales a la Compresión – Dibujo arq. Nicolás Saraví	66
17 - Simple Apilamiento: Pirámide Egipcia - imagen de libre disponibilidad	67
18 - Columnas del Partenón - imagen de libre disponibilidad	68
19 - Machu Pichu, arquitectura de la “Caja muraria” - imagen de libre disponibilidad	69
20 - Arco Romano en Cabannes - - imagen de libre disponibilidad - Croquis de arq. N.Saraví	70
21 - Arco de Triunfo Romano Siglo I - imagen de libre disponibilidad Croquis de arq. N. Saraví	71
22 - Acueducto de Segovia - imagen de libre disponibilidad Croquis de arq. N. Saraví	72
23 - Esquema de Bóveda- Croquis de arq. N.Saraví - Ermita Románica S.IX - Maison Sarabhai – L- C	73
24 – Panteón de Agripa : Corte y Foto Cúpula - imagen de libre disponibilidad	73

## II.1.4. – TRACCIÓN

25 – Esquema y ensayo a la tracción - Croquis de arq. N.Saraví	74
26 - Tensores rectos – Curva Catenaria - Croquis de arq. N.Saraví	75

27 – Parábola - Croquis de arq. N.Saraví _____	75
28 – Tensores Rectos en abanico: Puente Zárate-Brazo Largo - imagen de libre disponibilidad _____	75
29 - Esquemas de Tensor, Catenaria y Parábola - Croquis de arq. N.Saraví _____	76
30 - Funicular y Antifunicular de Cargas - - Croquis de arq. Jorge R. García _____	77
31 - Método de Antonio Gaudi - imagen de libre disponibilidad _____	77
32 - Parábola. Proceso de montaje del Puente de Brooklyn. - Fotografía de época _____	78
33 - Catenaria: Pabellón de Portugal Expo Lisboa, 1998, Alvaro Siza - Croquis de arq. Jorge R. García _____	79

#### II.1.5. – FLEXIÓN

34 - Viga sometida a Flexión - Croquis de arq. N.Saraví _____	80
35 - Momento es fuerza por distancia - Croquis de arq. N.Saraví _____	80
36 - Modelo pedagógico de Viga: “El Gusanito” – Foto arq, Nicolás Saraví _____	83
37 - Tipos y Condiciones de Apoyo de Vigas - Croquis de arq. N.Saraví _____	84-85
38 - Deformación del Gusanito – Foto arq, Nicolás Saraví _____	85
39– Esquemas: Deformación, Tensiones, Armaduras y Diagrama Momentos - Croquis arq. N.Saraví _____	86
40 – Esquema de distribución de Tensiones Internas - Croquis de arq. N.Saraví _____	88
41 - Momento de Inercia y Momento resistente W - Croquis de arq. N.Saraví _____	89
42 – Esfuerzo de Corte - Croquis de arq. N.Saraví _____	90
43 – Isostáticas de tracción y compresión - Croquis de arq. N.Saraví _____	90
44 - Edificios Lake Shore Drive (en Construcción) – Mies van de Rohe. - Fotografía de época _____	91

#### II.2 - CAJA MURARIA Y GRILLA ESTRUCTURAL

##### II.2.1. - “CAJA MURARIA”

##### **CONDICIONAMIENTOS TÉCNICOS**

1 – Usina de las Artes, Buenos Aires - Patio de acceso – Foto Arq. JR. García ____	94
2 – Esquema Recorrido de cargas – Croquis de Arq. Jorge R. García _____	94
3 – ARROSTRAMIENTO: Efecto “Caja” - Chacra catamarqueña en ruinas - – Foto Arq. Jorge R. García _____	94
4 – PROCESO CONSTRUCTIVO: Unificado - Santa Sofía – Estambul - Foto Arq. Jorge R. García _____	94

##### **LÓGICA PROYECTUAL**

5 – Casa Ostrofsky I – maqueta - Foto Arq. Jorge R. García _____	95
--	----

6 – Casa Ostrofsky I – Planta Baja – Dibujo arq. Jorge R. García	95
7 – Casa Ostrofsky I – Semicubierto Planta Baja - Foto Arq. Jorge R. García	95
8 – LÓGICA FORMAL: Forma VCasa Ostrofsky I – Exterior - Foto Arq. Jorge R. García	95

## II.2.2. - DE LA “CAJA” A LA “GRILLA”

### EVOLUCIÓN

9 - Corte hipotético: Estación FF.CC. – Dibujo arq. Jorge R. García	96
10 - Estación de FF CC “Francia”- Barcelona - Foto Arq. Jorge R. García	96
11 - el Panteón de Agripa – Dibujo arq. Jorge R. García	97
12 - el Gran Kursaal – Rafael Moneo – Dibujo arq. Jorge R. García	97

## II.2.3. - “GRILLA ESTRUCTURAL”

### CONDICIONAMIENTOS TÉCNICOS

13 - Construcción en Acero – Foto de libre disponibilidad	99
14 Subsuelo cocheras – Foto de libre disponibilidad	99
15 – Planta baja libre – Marsella – Foto arq. Francisco Colombo	99
16 – Envolvente industrializada	99

### LÓGICA PROYECTUAL

17 –Axonométrica Casa Curutchet – Dibujo arq. Jorge R. García	100
18 – Planta Dormitorios Casa Curutchet	100
19 – Rampa de acceso Casa Curutchet	100
20 - Fachada casa Curutchet	100

## II.2.4. - COMPARACIÓN CAJA – GRILLA

21 - Casa Ostrofsky I - Lógica bilateral ó perimetral de apoyos – Maqueta Estudio arqs. García-Saraví	101
22 - Casa Curutchet - Lógica reticular de apoyos – Dibujo arq. Jorge R. García	101
23 - Casa Ostrofsky I - Compartimentación– Dibujo arq. Jorge R. García	102
24 - Casa Curutchet - Subdivisión Flexible - Dibujo de libre disponibilidad	102
25 - Casa Ostrofsky I - Espacio compartimentado y sucesivo - Foto Arq. Jorge R. García	102
26 - Casa Curutchet : Espacio Continuo y fluido	102
27 - Casa Ostrofsky I -Forma Volumétrica- Foto Arq. Jorge R. García	102
28 – Fachada Casa Curutchet - Forma Espacial	102



### III – CERRAR

#### III.1. - LA ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICA

##### III.1.1. - LA ENVOLVENTE

###### **Función**

- 1 – Patio Catamarqueño = Integración - foto arq. Jorge Raúl García \_\_\_\_\_ 104
- 2 – Torres de la Defense = Hermeticidad – Foto arq. Gloria Bettiol \_\_\_\_\_ 104
- 3 - Poblado en Arequipa, Perú – foto arq. Jorge Raúl García \_\_\_\_\_ 105
- 4 - Galería en el norte Catamarqueño - foto arq. Jorge Raúl García \_\_\_\_\_ 105

###### **Problemática**

- 5 - Villa Savoie en Poissy – desde la rampa – Foto arq. Federico García \_\_\_\_\_ 106
- 6 - Centro Pompidou - infraestructura \_\_\_\_\_ 106

##### III.1.2. - LA ACCIÓN DEL CALOR

###### **RADIACIÓN**

- 7 – Ángulos de incidencia y reflexión - Dibujo arq. Jorge Raúl García \_\_\_\_\_ 108
- 8 – Tipo de superficie que recibe la radiación - Dibujo arq. Jorge Raúl García \_\_\_\_\_ 108
- 9 - Diferentes tipos de superficies terrestres - Dibujo arq. Jorge Raúl García \_\_\_\_\_ 108

###### **Mecánica Solar**

- 10 – Esquema de Solsticios y Equinoccio - Dibujo arq. Jorge Raúl García \_\_\_\_\_ 109
- 11– Proyección de las órbitas solares sobre la ciudad de La Plata – Dibujo arq. Jorge Raúl García \_\_\_\_\_ 109

###### **Asoleamiento**

- 12 – Ángulos de incidencia Solar al mediodía en las cuatro estaciones - Dibujo arq. Jorge R. García \_\_\_\_\_ 110
- 13 – Azimut en nuestra Latitud en las Estaciones del año – Dibujo arq. Jorge Raúl García \_\_\_\_\_ 110
- 14 – Sombras arrojadas en las 4 estaciones del año - Dibujo arq. Jorge Raúl García \_\_\_\_\_ 110
- 15 – Ejemplos de sombras arrojadas en diferentes orientaciones – Dibujo arq. Jorge Raúl García \_\_\_\_\_ 111

###### **Luz y Color**

- 16- LUZ DIRECTA: Escuela Bellas Artes Cuba. Arq. R. Porro - foto arq. Jorge Raúl García \_\_\_\_\_ 111
- 17 -LUZ DIFUSA: L’Auditori de Barcelona - R.Moneo – Foto Ddor.Daniel García Escandón \_\_\_\_\_ 111
- 18 - LUZ LATERAL: Escuela de Bellas Artes Cuba. Arq. R. Porro - foto arq.

Jorge Raúl García _____	112
19 - LUZ CENITAL: Patio Interior en Italia – foto Lisa Corte _____	112
20 – Patio convento en Arequipa – Perú – foto arq. Jorge Raúl García _____	112
21 – Museo del Hielo – Calafate – Argentina - foto arq. Jorge Raúl García _____	112
<b>CONDUCCIÓN</b>	
22 – Diferentes tipos de muros y su transmisión por conducción - Dibujo arq. Jorge Raúl García _____	113
23 - A mayor densidad, transmisión más rápida - Dibujo arq. Jorge Raúl García _____	113
24 - A mayor porosidad, transmisión más lenta - Dibujo arq. Jorge Raúl García _____	113
<b>CONVECCIÓN</b>	
25 – Formación de corrientes convectoras - - Dibujo arq. Jorge Raúl García _____	114
26 – Estufa-hogar – Dibujo arq. Jorge Raúl García _____	114

### III.1.3. - LA INCIDENCIA DEL AGUA

#### Formas de Incidencia

27 – FORMAS DE INCIDENCIA DEL AGUA - Dibujo arq. JR García _____	116
--	-----

#### Estrategias del Oficio

28 – La Pendiente – 29 – El Solape – Dibujo arq. Jorge Raúl García _____	116
30 - El Goterón corta-aguas - 31 – La Corriente de Aire - Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	116
32– Barrera impermeable - 33 – Detalle doble contacto - Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	117

### III.1.4. - EL MOVIMIENTO DEL AIRE

#### Dinámica del Viento

34 – Movimiento del Aire de día – Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	117
35 - Movimiento del Aire de noche - - Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	117
36 – Movimiento del aire en verano - Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	118
37 – Movimiento del aire en invierno - - Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	118

#### Ventilación Natural Directa

38 – Movimiento del aire en el exterior - Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	119
39 – Movimiento del aire en el interior - Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	119

#### Ventilación Cruzada

40 – Movimiento del Aire en el interior - Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	120
41 - Movimiento del Aire en el interior - Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	120

#### Ventilación Natural Inducida

42 – Movimiento del aire en chimenea - Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	120
43 – Por diferencia de techos - Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	120
44 – Efecto “Chimenea”: Invierno y Verano - Dibujos arq. Jorge Raúl García ____	121
45 – Efecto “Invernadero”: invierno y verano - Dibujos arq. Jorge Raúl García ____	121
46 - Movimientos del aire inducidos por efecto “Venturi” - Dibujos arq. Jorge Raúl García _____	122
<b>Barreras Vegetales</b>	
47 – Edificios “Verdes” en el Concurso “Parquización Isla 132 – Neuquén” – Dibujos arq. Jorge R. García _____	123

### III.2. - CLIMA Y MODOS DE VIDA

#### III.2.1. – CLIMA

##### **Factores Climáticos**

1 – Factores climáticos: Asoleamiento, Altura, Nubosidad, Humedad, Lluvia, Viento - Dibujo arq. JR García _____	124
---	-----

##### **CLIMATIZACIÓN**

##### **Las culturas vernáculas**

2 - Pantallas deflectoras de viento en Bangla Desh – Scan de “Arquitectura sin arquitectos”, de B. Rudofsky _____	126
3 - Corte esquemático de un Iglú - Dibujo arq. JR García _____	126
4 - Corte Centro Cívico Nueva Caledonia, Renzo Piano - Dibujo Dibujo arq. JR García _____	127

##### **SUSTENTABILIDAD**

##### **Confort y Medio Ambiente**

5 - Croquis de Le Corbusier – Escan Obras Completas L.C. – Vol. 4 :1938-46 – por W.Boesiger .Ed. 1966 _____	128
6 - Edificio Administrativo en Cuba – Foto arq. JR García _____	128

#### III.2.2. - CLIMAS Y MODOS DE VIDA

##### **CLIMA CÁLIDO Y HÚMEDO**

7 –“VIVIR AFUERA”: Hamaca, Puri (Brasil): escan de “Archittettura Primitiva” de E. Guidoni – Ed.Electa _____	130
8 - “TOMAR EL FRESCO”: Costanera de Bahía (Brasil) - Foto arq. JR García _	130
9 - “PRODUCIR SOMBRA”: Escuela Nac. de Bellas Artes La Habana. Arq. R. Porro - foto arq. JR García _____	130
10 – “CAPTURAR BRISAS”: Casa de Bambú en Costa Rica – Cortesía de Benjamín García _____	130

## **CLIMA TEMPLADO Y HÚMEDO**

- 11 - "ENTRAR Y SALIR": Casa en Gonnet, semi-cubierto – Fotos arq. JR García \_\_\_\_ 131  
12 - "TOMAR EL FRESCO": Casa en Gonnet, expansión - Fotos arq. JR García \_\_\_\_ 131  
13 - "CONTROLAR EL SOL": Casa en Gonnet – Fachada - Foto arq. JR García \_\_\_\_ 131  
14 - "DEJAR PASAR EL AIRE": Casa en el Delta – J- Solsona  
y Ass. – Scan de Revista del CAPBA N° \_\_\_\_\_ 131

## **CLIMA CÁLIDO Y TEMPLADO SECO**

- 15 - "PRODUCIR SOMBRA": Galería en Catamarca – Fotos arq. JR García \_\_\_\_ 132  
16 - "PROTEGER DEL VIENTO": Patio en Andalucía - foto arq. Gloria Bettiol \_\_\_\_ 132  
17 - "HUMECTAR EL AIRE" - Estanque de la Alhambra – foto Gloria Bettiol \_\_\_\_ 132  
17 - "TAMIZAR LA LUZ": Pabellón de la Alhambra – foto Gloria Bettiol \_\_\_\_\_ 132

## **CLIMA FRÍO**

- 18 - "VIVIR ADENTRO": Maison La Roche, interior - L-C – Foto Federico García \_\_\_\_ 133  
19 - "GRADUAR EL ACCESO": Iglú – Foto de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 133  
20 - "CAPTURAR LA LUZ" – Ville Savoie, Estar y patio – L-C - Foto  
Federico García \_\_\_\_\_ 133  
21- "PROTEGER DEL VIENTO": Barrera de álamos , calafate - Foto arq. JR García \_ 133

# **IV – CONSTRUIR**

## **IV.1. - LOS MATERIALES DE ARQUITECTURA**

### **IV.1.1. – MAMPUESTOS**

#### **Origen del Mampuesto**

- 1 - Choza de piedra – imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 136  
2 - Mastaba – imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 136

#### **Permanencia y Trascendencia**

- 3 – Chacra catamarqueña en ruinas – Foto arq. Jorge R. García \_\_\_\_\_ 137  
4 – Idem anterior \_\_\_\_\_ 137  
5- Palacio de Versalles, 1661-1691, Francia – imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_ 137

#### **Muro, Vano y Caja Muraria**

- 6 - Casa Schröder, Rietveld, 1924, Utrecht, Países Bajos. – imagen  
de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 138  
7 – Capilla Ronchamp, interior - Le Corbusier, 1955, Francia - imagen  
de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 138

## **CONDICIONAMIENTOS ESTRUCTURALES**

### **Resistencia**

- 8 – Anisotropía de la piedra – croquis arq. Jorge R. García \_\_\_\_\_ 139

## **Anisotropía**

9 – Juntas en la mampostería – croquis arq. Jorge R. García \_\_\_\_\_ 139

## **Distribución de la Carga**

10 – Muro de carga – croquis arq. Jorge R. García \_\_\_\_\_ 140

## **Arrostramiento**

11 - Ruinas de Machu Pichu – Cuzco, Perú – imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 140

## **Evolución**

12 - Catedral de Palma de Mallorca, España – croquis arq. Jorge R. García \_\_\_\_\_ 141

13 – Arbotantes: Catedral de Notre Dame París – Foto arq. Federico García \_\_\_\_\_ 141

## **CONDICIONAMIENTOS CONSTRUCTIVOS**

### **Piedras**

14 - Mampostería de Piedra – croquis arq. Jorge R. García \_\_\_\_\_ 142

Ladrillos Comunes de Arcilla Cocida:

15 – Confección de diversos ladrillos de arcilla cocida – imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 143

### **Ladrillos Huecos Cerámicos Portantes**

16 – Ladrillo Hueco cerámico portante – imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 144

### **Ladrillos Cerámicos Huecos no Portantes**

17 – Ladrillo hueco cerámico no portante – imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 144

### **Bloques de hormigón**

18 – Bloques de Cemento – imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 145

### **Técnicas de Unión**

19 - Colocación de Mortero y ladrillos – croquis arq. Jorge R. García \_\_\_\_\_ 145

### **Aparejamiento y Montaje**

20 – Colocación de ladrillos comunes – croquis arq. Jorge R. García \_\_\_\_\_ 146

21 – Distintos Aparejos – imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 146

22 – Muros de ladrillo a la vista – imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 147

### **Revoques y acabados**

23 - Casa en Brasil \_\_\_\_\_ 147

24 - Casa Schröder, 1924, Utrecht – G. Rietveld \_\_\_\_\_ 147

## **CONSECUENCIAS ARQUITECTÓNICAS**

### **Como Sostén**

25- Pirámides Egipcias - imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 148

26 - Pirámides aztecas - imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 148

27 - Basílica de Notre D ame, 1345, París; imagen de libre disponibilidad – croquis arq. Jorge R. García \_\_\_\_\_ 149

28 - Paestum, Templo de Hera – foto arq. Jorge R. García \_\_\_\_\_ 149



### **Como Cerramiento**

29 - Ville Savoie, Poissy, 1927. Paris – Le Corbusier – Foto arq. Federico García	150
30 - Pabellón de Barcelona – Mies Van de Rohe – Foto Ddor.	
Daniel García Escandón	150

## **IV.1.2. – MADERAS**

### **Origen**

1 - Detalle Templo de Hera, Agrigento, Sicilia – Foto arq. Jorge R. García	151
2 - Construcción con manojos de Bambú – Irak - Scan	
de “Arquitectura sin arquitectos”, de B. Rudofsky	151
3 – Coníferas – imagen de libre disponibilidad	152
4 – Corte Transversal del tronco – imagen de libre disponibilidad	152

## **CONDICIONAMIENTOS ESTRUCTURALES**

### **Resistencia**

5 – Resistencia- Croquis arq. Jorge R. García	154
---	-----

### **Disponibilidad**

6 – Triangulación - Croquis arq. Jorge R. García	155
7 – Cabriada – imagen de libre disponibilidad	156
8 - Madera Compensada – imagen de libre disponibilidad	156

### **Arrostramientos**

9 – Estructura triangulada – imagen de libre disponibilidad	156
10 – Arrostramiento en el plano del techo – imagen de libre disponibilidad	156

## **CONDICIONAMIENTOS CONSTRUCTIVOS**

### **Disponibilidad**

11 – Corte transversal del rollizo – imágenes de libre disponibilidad	157
12 - Amplia gama de escuadrías – imagen de libre disponibilidad	158
13 - Madera Aglomerada – imagen de libre disponibilidad	158
14 - Madera contrachapada – imagen de libre disponibilidad	158

### **Técnicas de Unión**

15 – Empalmes y encastres tradicionales -- Croquis arq. Jorge R. García	158
16 – Conectores – imagen de libre disponibilidad	159
17 – clavos– imagen de libre disponibilidad	159
18 – Tornillos– imagen de libre disponibilidad	159

## **CONSECUENCIAS ARQUITECTÓNICAS**

### **“Lógica de Entramado”**

19 – Perfectura de Kochi – arq- Kengo Kuma	159
--	-----

### **Sistematización de la Modulación**

20 – Pabellón – arq. Kengo Kuma \_\_\_\_\_ 160

21 – Mirador Pinohuacho – Arq. Arq. Sheward \_\_\_\_\_ 160

### **Espacialidad Intersticial**

22 – Techo en Municipalidad de Saynatsalo – ALVAR AALTO \_\_\_\_\_ 160

23 – Interior Pabellón – arq. Kengo Kuma \_\_\_\_\_ 160

### **Flexibilidad**

24 – Esquemas de la Casa Popular Japonesa – Croquis de Arq,  
Jorge R. García \_\_\_\_\_ 161

25 – Braced Frame Europeo - imagen de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 162

26 – Esquema del Ballon Frame Americano - Croquis de Arq, Jorge R. García \_\_\_\_\_ 162

## **IV.1.3. – HIERRO**

### **Revolución Industrial**

1 – La Revolución Industrial \_\_\_\_\_ 165

### **El hierro**

2 - Torre Eiffel, 1889, Paris, Gustave Eiffel – foto Arq. Jorge R. García \_\_\_\_\_ 166

3 - La galería de las maquinas 1889-1910, Paris, Dutert – imagen  
de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 166

### **Aceros**

4 – Elementos intervinientes en la producción industrial del Acero – imágenes  
de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 166

## **CONDICIONAMIENTOS ESTRUCTURALES**

### **Resistencia**

5 – Diagrama del Acero, perfil Normal I – Diagrama de tensiones internas - Croquis  
de Arq, Jorge García \_\_\_\_\_ 168

### **Acción del Fuego**

6 – Incendio en la torre – Detalles de Edificios Seagram y Alumni  
Hall – imágenes de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 169

### **Diseño Estructural**

7 – Reticulado – nudo de estereoestructura – Vigueta prefab.  
de H°A°– imágenes libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 170

## **CONDICIONAMIENTOS CONSTRUCTIVOS**

### **Disponibilidad**

8 - Perfiles normales, chapas, barras de acero, alambres y cables– imágenes  
de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 171

### **Técnicas de Unión**

9 - Remaches o roblones, en caliente o en frío – imágenes de libre disponibilidad _____	172
10 – trabajo mecánico de Roblón y Cartela - Croquis de Arq, Jorge R. García _____	172
11 - Soldadura a tope, en ángulo, de recubrimiento – imágenes de libre disponibilidad _____	173

## CONSECUENCIAS ARQUITECTÓNICAS

12 - Del “paso a paso” de la “Caja Muraria” al “salto” de la Gran Luz - Croquis de Arq, Jorge R. García _____	174
13 – Techo Escalera casa Tassel – Víctor Horta _____	174
14 - Casa Farnsworth, exterior - Mies van de Rohe _____	174
15 - Estructura del Alumni Hall : Mies – Escaneo de “Mies van der Rohe at work” - Ed. Phaidon, Londres 1974 _____	175
16 - Alumni Hall : Exterior – Escaneo de “Mies van der Rohe at work” - Ed. Phaidon, Londres 1974 _____	175
17 - Pabellón de Zurich – Le Corbusier _____	175
18 - Portón parque Guell Gaudi , 1880 _____	175
19 - Estación FF.CC. “Francia” – Barcelona, España – foto Arq. Jorge R. García _____	176
20 – Aeropuerto - Foto: arq. Cristina Nery _____	176

## VI. 1.4. - HORMIGÓN – HORMIGÓN ARMADO

### HORMIGÓN SIMPLE

1 – Esquema Granulométrico del Hormigón - Croquis de Arq, Jorge R. García _____	177
2 – Taormina – Apoyos masivos de Hormigón – foto Arq. Jorge R. García _____	177

### Composición

3 – Piedra, Arena, Cemento, Agua – imágenes de libre disponibilidad _____	178
---	-----

### Resistencia

4 - Hormigón liviano, Hormigón celular, Hormigón translúcido – imágenes de libre disponibilidad _____	180
---	-----

## EL HORMIGÓN ARMADO

### Armaduras de Acero

5 - Maison Domino, Le Corbusier _____	182
6 - Lake Shore Drive, de Mies van de Rohe _____	182
7 - Estado de carga – elástica – Deformación – Armadura - Croquis de Arq, Jorge R. García _____	182
8 – Compresión y tracción en la flexión - Croquis de Arq, Jorge R. García _____	183

## CONDICIONAMIENTOS ESTRUCTURALES

### Resistencia

9 – Armaduras y encofrados – imágenes de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 183

### Monolitismo

10 – Unión monolítica y colaboración estructural - Croquis de Arq,  
Jorge R. García \_\_\_\_\_ 184

### Moldeo

11 – Encofrado y desencofrado – Foto \_\_\_\_\_ 184

### Prefabricación

12 – Pre y postensado – imágenes de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 185

## CONDICIONAMIENTOS CONSTRUCTIVOS

### Prefabricación

13 – Sistema Prefabricado de H°A° – imágenes de libre disponibilidad \_\_\_\_\_ 186

14 – Habitat 67 – Moshe Safdie \_\_\_\_\_ 186

### Apariencia

15 – Lucernarios Convento La Tourette – Le Corbusier – Foto  
arqu. Federico García \_\_\_\_\_ 186

16 – La Tourette – exterior – Foto arqu. Federico García \_\_\_\_\_ 186

## CONSECUENCIAS ARQUITECTÓNICAS

### Como estructuras de “esqueleto y piel”

17 – Villa Savoie en Poissy – Exterior – Foto arqu. Federico García \_\_\_\_\_ 188

18 – Idem interior - – Foto arqu. Federico García \_\_\_\_\_ 188

19 - Sala de Estar y patio Ville Savoie – Le Corbusier – Foto arqu. Federico García \_\_\_\_ 188

20 - Idem : Rampa – Foto arqu. Federico García \_\_\_\_\_ 188

21 - Casa La Roche - – Foto arqu. Federico García \_\_\_\_\_ 188

### Como Estructuras por Forma

22 - Banco de la Ciudad de Buenos Aires – interior- N. Foster  
y Ass. – Foto arqu. Julio Pueyo \_\_\_\_\_ 189

23 - Banco de la Ciudad de Buenos Aires : N. Foster  
y Ass. – Foto arqu. Julio Pueyo \_\_\_\_\_ 189

## IV.2. - EL ARTEFACTO ARQUITECTÓNICO

### IV.2.2. – ELEGIR EL MATERIAL (y la Técnica)

#### ¿Qué Puedo Hacer? (la pregunta de la práctica)

1 – Refugio “Laguna Negra”: Croquis de ubicación – Dibujo arqu. Nicolás Saraví \_\_\_\_ 194

2 - Bloque de granito “Cerro Negro” y Refugio - foto Arq Nicolas Saraví \_\_\_\_\_ 195

3 - Refugio "Laguna Negra" y entorno - foto Arq Nicolas Saraví _____	195
4 - Vistas, Plantas y Corte del Refugio – Dibujo arq. Nicolás Saraví _____	196
<b>¿Qué Quiero Hacer? (la pregunta de la estética)</b>	
5 – El Refugio "Laguna Negra", vista exterior - foto Arq Nicolas Saraví _____	197
6 – El Refugio de "La Laguna Negra", interior - foto Arq Nicolas Saraví _____	197
<b>¿Qué Debo Hacer? (la pregunta de la ética)</b>	
7 – Murondins : dibujos de L.C. – Escaneo Vol.4 1938-1946 - Obras Completas L.C. _____	199
8 – Escuelas Móviles – Escaneo Vol.4 1938-1946 - Obras Completas L.C. _____	199
9 – Iglesia Cristo Obrero: E. Dieste – Foto arq. Gloria Bettiol _____	199
10 – Idem interior - foto arq. Gloria Bettiol _____	199

#### IV.2.3. – ORDENAR CON LÓGICA (e imaginación)

##### **La Impronta Estructural**

11 - Club de Hombres, Nueva Guinea, Escaneo libro "Arquitectura sin arquitectos", B. Rudofsky _____	200
12 - Banco de Londres y América del Sur. Clorindo Testa y Ass. – Escan Revista Summa 6/7 _____	200
13 – Casa del Puente; Mar del Plata – A.Williams - – imagen de libre disponibilidad _____	201
14 - Palacio de los Soviets – Le Corbusier – Maqueta - Foto arq. Jorge García _____	201

##### **La Relación Estructura-Cerramiento**

15 - Ville Savoie: interior living – Foto arq. Federico García _____	202
16 - Casa Ostrofsky I – exterior – Foto arq. Jorge García _____	202

##### **El Sistema Constructivo**

17 – Mina de Sal en Polonia S.XI – Escaneo libro "Arquitectura Sin Arquitectos", de B. Rudofsky _____	203
18 - Lateral de Iglesia Cristo Obrero –E. Dieste _____	203

##### **El Detalle "crítico"**

19 – Parador en costanera de Bahía, Brasil – foto Arq. Jorge García _____	204
20 – Parador: Detalle mástil – foto Arq. Jorge García _____	204
21 - Edificio en Rosario (Rafael Iglesia) - foto Arq. Jorge García _____	205
22 - Casa en la Habana (Richard Neutra) – foto arq. Gloria Bettiol _____	205

##### **Jugar con la Imaginación**

23– Techo c/Bambú –Costa Rica – Foto Cortesía Benjamín García _____	206
24 – Lucernario en India – Foto arq. Cristina Nery _____	206
25 - Escuela de Arte de Cuba – Arq. Ricardo Porro - Foto Arq. Jorge García _____	206
26 - Detalle Fachada Casa del Fascio – arq. Giuseppe Terragni _____	206

#### IV.2.4. - DAR FORMA CON OFICIO

##### **Medidas, Escala, Proporción**

27 – Machu Pichu: Portal – foto arq. Jorge García _____	207
28 – Proporción Natural ° – imagen de libre disponibilidad _____	207
29 – Puntos de ocupación del espacio del Modulor – Le Corbusier – Croquis arq, Jorge R. García _____	207
30 - ESCALA EDILICIA: La Tourette, Le Corbusier – desde acceso vehicular – foto arq. Federico García _____	30
31 - ESCALA GEOGRÁFICA: La Tourette, Le Corbusier - sobre el Valle – foto arq. Federico García _____	30
32 - Capilla en Aimaicha del Valle – Tucuman – Foto arq. Jorge R. García _____	30
33-Templo de la Sagrada Familia – Barcelona – Arq. Antoni Gaudí – Foto Ddor. Daniel García Escandón _____	30

##### **Geometría y Aritmética**

34 – Cisterna de Agua en la India – foto arq. Cristina Nery _____	31
35 – Iglesia de Soca, en Uruguay, de A.Bonet – Foto: arq. JR.García _____	31
36 – Monasterio En Angkor, Camboya – foto arq. Cristina Nery _____	31
37 – El Pelourinho, Bahía , Brasil – foto arq. Jorge R.García _____	31
38 - Casas en Redovre, Dinamarca - Arne Jacobsen – Escaneo libro: “Arne Jacobsen”- T.Faber _____	210
39 – Convento La Tourette, Le Corbusier – foto arq. Federico García _____	210

##### **El “Artefacto Arquitectónico**

40 – Secuencia de acceso a la casa Curutchet – Croquis arq. Jorge García _____	210
41 - COLEGIO MANUEL BELGRANO CORDOBA – Croquis y Fotos Jorge R. García _____	212



## Los autores

### **Jorge Raúl García**

Es arquitecto desde el año 1972. Ha sido Profesor Titular del Taller Vertical de Arquitectura I a VI, Adjunto del Taller Vertical de Procesos Constructivos I, II, III y Titular de Introducción a la Materialidad Arquitectónica, en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. Ha sido premiado en numerosos Concursos Nacionales de Arquitectura y cuenta con una dilatada labor profesional independiente.

### **Nicolás Saravi Cisneros**

Es arquitecto desde el año 2000. Es docente de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo UNLP de Taller Vertical de Arquitectura e Introducción a la Materialidad. Ha desarrollado una extensa obra profesional independiente, siendo en cuantiosas ocasiones distinguido y premiado.

### **Federico Miguel García**

Es arquitecto desde el año 1997. Es actualmente Profesor Adjunto de la materia Introducción a La materialidad y Jefe de trabajos prácticos en el taller de Arquitectura n5 de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de La Universidad Nacional de La Plata. Cuenta con una vasta labor profesional independiente habiendo obtenido premios y distinciones.

García, Jorge Raúl

Sostener, cerrar, construir : introducción a la materialidad arquitectónica / Jorge Raúl García ; Federico García ; Nicolás Saraví . - 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional de La Plata, 2015.

E-Book.

ISBN 978-950-34-1224-4

1. Patrimonio Arquitectónico. 2. Urbanismo . I. García , Federico II. Saraví , Nicolás III.  
Título  
CDD 711

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata  
47 N.º 380 / La Plata B1900AJP / Buenos Aires, Argentina  
+54 221 427 3992 / 427 4898  
edulp.editorial@gmail.com  
www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2016  
ISBN 978-950-34-1224-4  
© 2016 - Edulp

FACULTAD DE  
**ARQUITECTURA Y URBANISMO**

**e**  
**exactas**



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE LA PLATA